



# **KYSYNNÄN JOUSTO -HANKE**

Tekniset ratkaisut julkisissa kiinteistöissä.

Joona Siivonen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2014  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikka

SIIVONEN JOONA:

Kysynnän jousto -hanke  
Tekniset ratkaisut julkisissa kiinteistöissä.

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 13 sivua  
Huhtikuu 2014

---

Opinnäytetyössä määritettiin kysynnän jouston teknisiä ratkaisuja Suomessa sijaitsevis-  
sa liike-, teollisuus- ja julkisrakennuksissa sekä näiden kiinteistöjen ohjattavissa olevaa  
tehopotentiaalia. Lisäksi työssä selvitettiin kiinteistöjen sähkönjakelujärjestelmien ra-  
kenteita, kohteiden tyypillisiä kuormatyppejä ja ohjaustapoja. Kysynnän jouston pää-  
periaatteet tuotiin esille sekä puntaroitiin niiden tarjoamia hyötyjä ja haittoja Suomen  
sähkönjakeluverkolle.

Osana hanketta on haastateltu alan keskeisiä toimijoita kuten Tampereen Sähkölaitos  
Oy:n, Motiva Oy ja Sweco talotekniikka Oy:n edustajia. Näiden toimijoiden mielipiteitä  
ja näkemyksiä hyödynnettiin muodostettaessa kokonaiskuvaa kysynnän jouston mah-  
dollisuuksista Suomessa.

Tutkimuksen aikana saatiin selviä käytännön esimerkkejä ohjattavissa olevista kuormi-  
tuksista sekä siitä, minkä tyyppisiä ohjaustapoja tulisi käyttää. Erilaisten ohjaustapojen  
kelpoisuutta kuormien ohjaukseen tarkasteltiin, sekä vertailtiin ohjaustapojen soveltu-  
vuutta osaksi tällä hetkellä käytössä olevia kiinteistöautomaatiojärjestelmiä. Lisäksi  
aihetta konkretisoitiin käyttämällä esimerkkejä kiinteistöjen ohjauksien toteuttamisesta.

---

Asiasanat: kysynnän jousto, energian säästö, älykäs sähköverkko, kiinteistöautomaatio.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Option of Electrical Power Engineering

SIIVONEN JOONA:  
Demand Response  
Technical Solutions in Public Buildings

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 13 pages  
April 2014

---

The purpose of this thesis was to determine technical solutions for demand response in commercial, industrial and public buildings located in Finland and to determine the amount of electric loads which can be controlled temporarily. Structures of power supply systems of above mentioned buildings were sorted out with different control measures. Basic principles of demand response were demonstrated and benefits as well as disadvantages to Finnish power grid were discussed.

As a part of this project a few key players in the electric field, such as representatives of Tampereen Sähkölaitos Oy, Motiva Oy and Sweco talotekniikka Oy were interviewed. Interviewees' views and opinions were used in forming the overall picture of demand response possibilities of in Finland.

Many practical examples of what kind of power loads could be controlled and which type of control systems should be used were revealed during this study. Applicability of various control systems were examined and possibilities of how to integrate those systems to current building automation were compared. A few examples were given to show more concretely how to control those power loads.

---

Key words: demand response, energy saving, intelligent power grid, building automation.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SYITÄ KYSYNNÄN JOUSTON KÄYTTÖÖN.....	7
2.1	Huipputehokuormitukset .....	7
2.2	Huipputehokuormien vaikutukset.....	9
2.3	Paikallinen pientuotanto .....	11
3	TYYPPIKIINTEISTÖT .....	12
4	TYYPILLISET TEHONPUDOTUSPOTENTIALIT .....	13
4.1	Sähkölämmitys.....	13
4.2	Sulanapitolämmitykset.....	14
4.3	Jäähdytyslaitteet.....	14
4.4	Ilmastointilaitteet .....	15
4.5	Valaistusjärjestelmät .....	17
4.6	Vaarat ja riskit.....	18
5	KUORMIEN OHJAUS .....	19
5.1	Kiinteistöiden jakelujärjestelmien rakenne.....	19
5.2	Ajoittain käyvät järjestelmät.....	22
5.3	Suora ohjaus AMR-mittarilla.....	23
5.4	Kiinteistöautomaatiojärjestelmät .....	24
6	ESIMERKKIKIINTEISTÖT.....	26
6.1	Koulukeskus.....	26
6.2	Teollisuuskiinteistö .....	28
6.3	Myymälä .....	29
7	KÄYTÄNNÖN RATKAISUT .....	30
7.1	AMR-mittarit .....	30
7.2	Tehokaista .....	31
7.3	Älykkäät laitteistot.....	31
8	TUTKIMUKSEN JATKAMINEN .....	32
9	POHDINTA.....	33
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET .....	36
	Liite 1. PK-Teollisuuskiinteistön pääjakelun periaatekaavio esimerkki .....	36
	Liite 2. Potentiaalisten ongelmien analyysi ja mahdolliset ratkaisut. 1 (2) .....	37
	Liite 3. Koulun PK-kaavio .....	39
	Liite 4. Koulun valaisinluettelo .....	43
	Liite 5. Myymälän PK-kaavio .....	44
	Liite 6. Pienteollisuuden PK-kaavio.....	49



**TERMIT**

TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
ST-pooli	Sähkötutkimuspooli
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
AMR-mittari	Automatic Meter Reading (Etäluettava kWh-mittari)
VAK	Valvonta-alakeskus, Rakennusautomaation ohjauskeskus
LVI	Lämpö, vesi ja ilmastointi
IV	Ilmanvaihto
PK	Pääkeskus
JK	Jakokeskus
POA	Potentiaalisten ongelmien analyysi
VTT	Teknologian tutkimuskeskus
SLY	Suomen Sähkölaitosyhdistys
V	Voltti
A	Ampeeri
kWh	Kilowattitunti

## 1 JOHDANTO

Projektin tarkoituksena on tutkia ja kartoittaa Suomen kiinteistökannan sähköverkoja ja etsiä niistä potentiaalia sekä määrittää tarvittavia teknisiä ratkaisuja Kysynnän joustoon, osana Energiateollisuus ry:n koordinoiman energia-alan sähköverkko- ja palveluntuotantoalan tutkimusta edistävän yhteistoimintaelimen Sähkötutkimuspoolin ”sähkömarkkinat -kysynnän jouston käytännöllinen valjastaminen” hanketta.

Sähkötutkimuspooli on käynnistänyt tutkimushankkeen, jossa tarkastellaan Suomeen soveltuvia käytännön ratkaisuja kuorman ohjaamiseksi sekä kysyntäjoustopuhtauksien vaikutuksia jakeluverkkoyhtiöille. Hankkeen tarkoituksena on täydentää Cleen Oy:n Smart Grids and Energy Market (SGEM) -tutkimusohjelman tutkimusta aihealueelta.

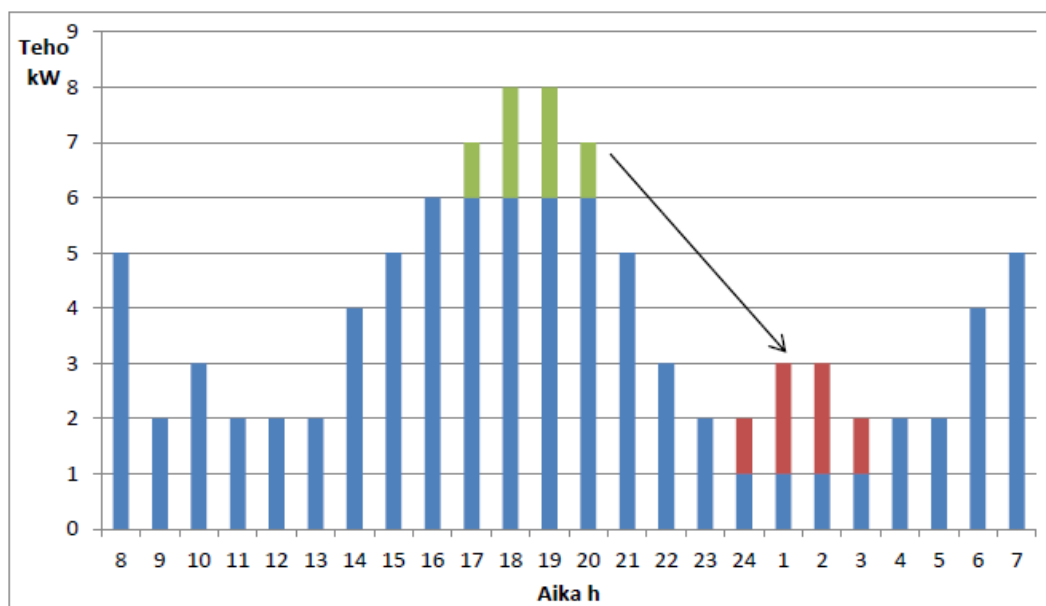
Tarjouspyynnön mukaisesti hankkeen onnistunut toteuttaminen edellyttää laajaa poikkitieteellistä osaamispohjaa ja yhteistyötahojen verkostoa. Projektin tulostavoitteeksi on asetettu suosituksia liittyen tekniseen kiinteistön sähköverkon suunnitteluun ja lainsäädännön muutostarpeisiin sekä sähkömarkkinamallin kehittämiseen. (Hankekuvaus)

Projektin toteutukseen osallistuvat Tampereen teknillisen yliopiston sähkötekniikan ja rakennustekniikanlaitos (myöhemmin TTY), Tampereen ammattikorkeakoulun rakentamisen- ja teknologian-yksiköt (myöhemmin TAMK), Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkömarkkinalaboratorio (myöhemmin LUT) sekä näiden laajat poikkitieteelliset yhteistyöverkostot.

Tämän opinnäytetyö on tehty osana TAMK:n hankkeeseen osallistuvaa tutkijaryhmää. Opinnäytetyön kappaleet 1-4 on tuotettu yhteistyössä TAMK:n tutkijaryhmän kesken, joten niiden sisältö löytyy myös muista tutkijaryhmään kuuluvien opiskelijoiden opinnäytetöistä. Tämän opinnäytetyön rooli oli selvittää kysynnän jouston mahdollisuuksia ja teknistä toteutusta julkisissa kiinteistöissä kuten koulut ja päiväkodit sekä liike- ja teollisuuskiinteistöissä. Lisäksi työssä on haastateltu alan keskeisiä toimijoita erilaisista toimintaympäristöistä selkeämmän kokonaiskuvan muodostamiseksi.

## 2 SYITÄ KYSYNNÄN JOUSTON KÄYTTÖÖN

Kysynnän jousto on käsitteenä Suomessa melko uusi ja sen merkitys kuluttajille vielä melko heikosti selvillä. Suomen kantaverkkoyhtiö Fingrid tiivistää kysynnän jouston ajatuksen internetsivuillaan seuraavasti: ”Kysyntäjoustolla tarkoitetaan sähkönkäytön hetkellistä vähentämistä tai käytön siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan. Kysyntäjoustoa tarvitaan lisää, kun joustamattoman tuotannon, esim. ydinvoiman ja uusiutuvan energian, määrä verkossa lisääntyy. Joustamaton tuotanto asettaa haasteita nykyiselle markkinamallille, jossa vain energialla käydään kauppaa. Kysyntäjouston lisääminen on yksi toimenpide, jolla yritetään turvata nykyisen markkinamallin säilyminen jatkossakin.” (Fingrid, kysyntäjousto 2014)



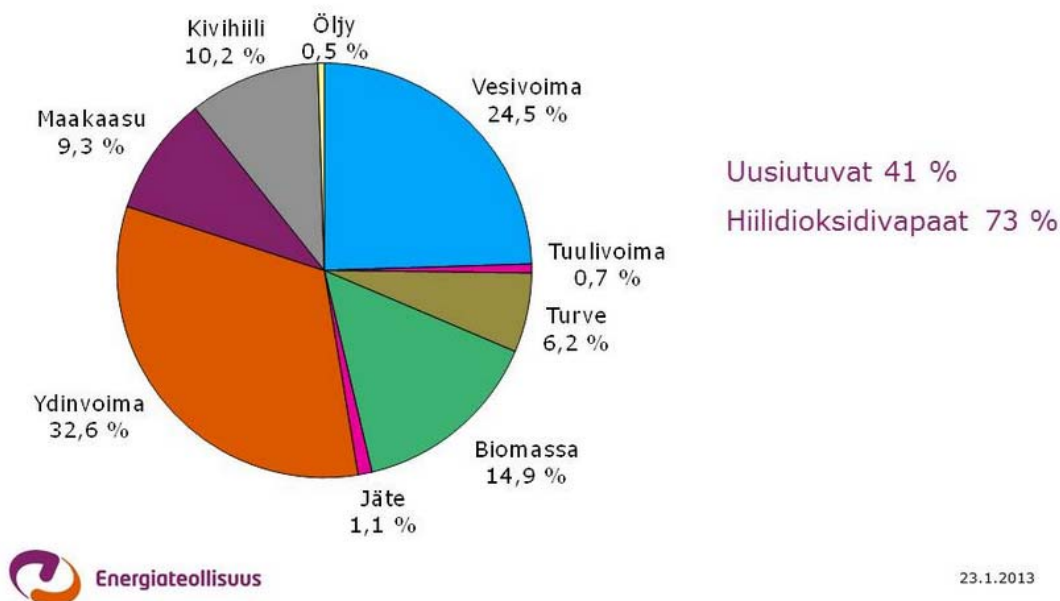
KUVIO 1. Kysynnän jouston havainnoillistaminen (Diplomityö, K. Grip 2013, 5)

### 2.1 Huipputehokuormitukset

Perinteisessä energiajärjestelmässä tuotanto on seurannut kulutusta, mutta tuuli- ja auringovoiman sekä tasaisella teholla sähköä tuottavan ydinvoiman lisääntyessä osan sähkön kulutuksesta tulisikin seurata tuotantoa ja järjestelmään tulisi nykyistä enemmän sisällyttää kysynnän joustoa ja energiavarastoja. Sähkön kysyntäjouston edistäminen on keskeinen tavoite älykkään sähköverkon kehittämisessä. Valtakunnallisten sähkönteho-

huippujen aikaan energian hinta yleensä nousee selvästi, ja samaan aikaan on käytössä myös paljon päästöjä aiheuttavia energiantuotantomuotoja. Kysyntäjouston avulla voidaan sähkönkulutusta siirtää sähkötehuhuipuista toisiin ajankohtiin, tai korvata sähkön-tarve jollakin vaihtoehtoisella tavalla. Vastaavasti sähkön vähäisemmän kysynnän ajan-kohtiin on mahdollista lisätä sähkönkulutusta korvaamalla muita energiamuotoja. Säh-könjakeluverkon tasolla saattaa kuitenkin esiintyä tilanteita, jolloin verkon huippu-kuormitus osuu ajankohtaan, jolloin energia olisi halpaa, mikä lisää kysynnän joustoon problematiikkaa. Joustavasti käyttäytyvä ja osittain ohjattavissa oleva kulutus muodos-taa merkittävän potentiaalin myös koko voimajärjestelmän erilaisille reserveille. Ky-synnän jousto on laaja kokonaisuus, joka sisältävät järjestelmävastaavan, tasevastaavan, sähkönmyyjän, jakeluverkkoyhtiön sekä asiakkaan näkökulmat. (Kysynnän jouston hankekuvaus)

## Sähkön tuotanto energialähteittäin 2012 (67,7 TWh)



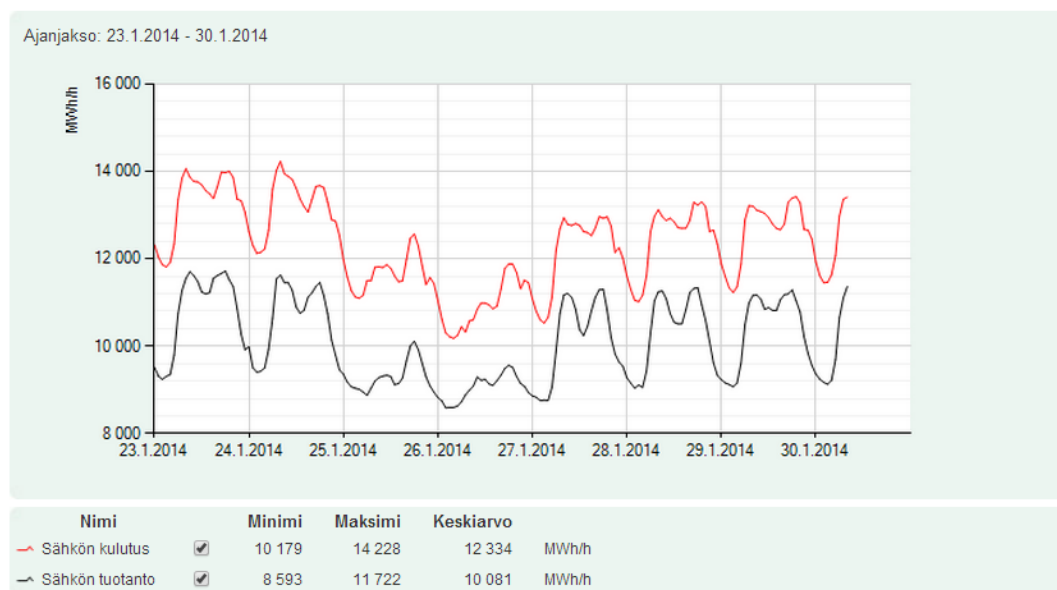
KUVIO 2. Sähkön tuotanto energialähteittäin 2012 (Energiateollisuus Ry. Sähköntuo-tanto)

Sähkøyhtiöillä oli ennen sähkömarkkinoiden vapautumista osin yhtiökohtaisia, osin yhteiseen kytkentäsuositukseen perustuvia vaatimuksia erityisesti sähkölämmityskiin-teistöjen tehonrajoituksista ja tehonohjausvarauksista. Hyvin tyypillinen esimerkki van-

hemmissä omakotitaloissa on tilanne, jossa osa sähkölämmityksen tehosta kytkeytyy hetkellisesti pois päältä sähkökiukaan lämmitessä. Vastaavia yhtiökohtaisia ohjeita on edelleen laajasti olemassa. Yleisesti kiinteistöjen sähköverkkoja tai niiden ohjausjärjestelmiä ei ole suunniteltu, eikä suunnittelua ole ohjattu ottamaan huomioon kuormanohjaustarpeita. Kuorman ohjauksen käyttöönotto edellyttää uusien kiinteistöjen sähköverkon ja laitevalintojen suunnittelun tavoitteellista ohjausta, joko säädösin tai hinnoittelumallein. Olemassa olevien kiinteistöjen järjestelmien muuttaminen on kuitenkin keskeistä merkittävän tehopotentialin aikaansaamisen nopeuttamiseksi, vaikka siihen liittyy suuria haasteita käytännön toteutuksissa. (Kysynnän jouston hankekuvaus)

## 2.2 Huipputehokuormien vaikutukset

Huippukuormajaksoja esiintyy sähköverkossa vuorokausittain ja niiden suuruus ja kesto ovat pitkälti ennustettavissa. Syynä jaksoihin ovat ihmisten säännölliset asumistottumukset. Esimerkiksi asuinrakennusten sähkönkulutus lisääntyy voimakkaasti kello viiden jälkeen iltapäivällä, kun suuri osa ihmisistä palaa töistä. Kulutuksen lasku voidaan nähdä illalla kello seitsemän jälkeen. Tämä on havaittavissa kuviossa 3 esitetystä sähkönkulutuksen profiilissa. Kuviosta on huomioitava, ettei Suomen sähköntuotannon ja kulutuksen tarvitse vastata toisiaan, sillä sähköenergiaa voidaan ostaa ulkomailta. Kuvi-  
on punainen käyrä kuvaa sähkön kulutusta ja musta tuotantoa.



KUVIO 3. Sähkön kulutus ja tuotanto MWh/h 23-30.1.2014 (Fingrid)

Huippukuormavoimaloiden tarkoituksena on pitää verkon taajuus vakiona. Siirtoverkon taajuus alkaa pudota, kun verkon kuormitus kasvaa liian suureksi. Tämä johtuu käytännössä voimakoneiden kapasiteetin ylittymisestä, jolloin tahtigeneraattoreita pyörittävien voimanlähteiden kierrosnopeus laskee. Huippukuormitustilanteissa joudutaan tyypillisesti turvautumaan huippukuormavoimaloihin, jotka käyttävät esimerkiksi polttoainettaan öljyä tai kaasua. Tämän tyyppisten voimalaitosten tarkoituksena on turvata keskeytymätön sähköjakelu huippukuormituksen aikana, eikä niinkään tuottaa energiaa mahdollisimman tehokkaasti ja päästöttömästi. Kyseisillä voimalaitoksilla sähköntuotanto saattaa olla jopa tappiollista sähköntuottajalle, mikä lisää tarvetta kulutushuppujen tasaamiselle.

Kysynnän jouston tuomat muutokset kuvattuihin tekijöihin heijastuisivat näin ollen suuresti Suomen sähköverkon aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Fossiilisia polttoaineita käyttävien huippukuormalaitosten vähentynyt käyttöaste pienentää osaltaan sähköntuotannon aiheuttamia päästöjä. Kysynnän jousto tarjoaisi myös mahdollisuuden käyttää energiaa silloin, kun esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoiman tuottama teho on suurimmillaan. Tämä tarkoittaa tulevaisuudessa uusiutuvien energianlähteiden tuotantokapasiteetin kasvaessa, aiempaa suurempaa ekologisen energian käyttöasetta, esimerkiksi sähköautojen latauksessa.

## 2.3 Paikallinen pientuotanto

Sähköverkossa paikallisella pientuotannolla tarkoitetaan hajautettuja, tuotantokapasiteetiltaan pienehköjä sähköntuotantoyksiköitä. Tällainen yksikkö voi olla esimerkiksi kuluttajan omistuksessa oleva aurinkopaneelijärjestelmä tai pieni vesivoimalaitos. Pientuotanto tuottaa energiaa lähinnä asiakkaan omiin tarpeisiin, mutta sen tuottamaa tehoa voidaan syöttää myös sähköverkkoon, mikäli sähkösopimus sen mahdollistaa. Tällöin ylimääräistä energiaa ei tarvitse varastoida erilliseen akustoon, vaan kuluttaja saa siitä korvauksen.

Paikallisen pientuotannon kannattavuuden voidaan olettaa parantuvan, mikäli paikallinen kysyntä vastaa kasvaneeseen tuotantoon. Verkon toiminta tehostuu, kun pienien tuotantoyksiköiden tuottamaa tehoa ei tarvitse siirtää kauas. Esimerkiksi älykkäät sähköautojen latausasemat voisivat ladata autojen akustoja, kun pientuotannon tuottama teho olisi suurimmillaan. Vastaavasti latausasemat voisivat purkaa akustoja sähköverkon käyttöön kulutushuippujen aikana.

Paikallisen pientuotannon tuotantokapasiteetin kasvaessa paranisi myös sähköverkon käyttövarmuus erilaisten vika- tai kriisitilanteiden aikana. Suurienkaan siirtolinjojen viat eivät älykkäässä sähköverkossa välttämättä heti aiheuta katkosta alueella, jossa on omaa tuotantoa. Vika voidaan havaita ja paikallinen kulutus tarvittaessa pakottaa vastaamaan alueen omaa tuotantoa. Kulutuksen pakottaminen vastaamaan tuotantokapasiteettia viikatilanteessa voidaan toteuttaa esimerkiksi ohjaamalla eristyksiin jäävän alueen muut kuin välttämättömimmät kuormat pois päältä.

### 3 TYYPPIKIINTEISTÖT

Suomen rakennuskanta voidaan jakaa osiin käyttämällä tilastokeskuksen rakennusluokitusta vuodelta 1994. Rakennusluokitus on hyvä työkalu pohdittaessa erilaisia tyypillisiä esimerkkikiinteistöjä ja kysynnän jouston kannattavuutta niiden sähkön kulutuksen optimoinnissa huipputehorajoittamisen kannalta. Näiden tietojen pohjalta tutkimusryhmämme hankki erilaisten kohteiden sähkökuvia yhteistyökumppaneiltamme. Projektissa käytetyt sähkökuvat valikoitiin siten, että erityyppisistä kohteista saatiin sähkökuvia eri aikakausilta. Pidimme tätä tärkeänä, koska sähkölaitoksilla on asiakkaina suuri määrä erilaisia kiinteistöjä, jotka on rakennettu eri aikakausina ja suunniteltu eri lähtökohdista.

Esimerkkikiinteistöjen avulla laadittiin mallitapauksia erityyppisten kiinteistöiden sähkökulutuksesta ja sen jakaantumisesta kiinteistön erilaisten sähköjärjestelmien kesken. Esimerkkitapaukset auttavat hahmottamaan kokonaiskuvaa erilaisten kiinteistötyyppien huippukuormista, niiden ohjausmahdollisuuksista sekä tarvittavista kytkentämuutoksista.

Esimerkkikiinteistöjen löytäminen teollisuus-, liike- ja julkisrakennusten kohdalla osoittautui varsin haasteelliseksi, kiinteistöiden vaihtelevan käyttötarkoituksen, koon, kulutuslaitteiden ja teknisten ratkaisuiden vuoksi. Valtion omistaman, energian tehokkaaseen käyttöön kannustavan Motiva Oy:n johtavan asiantuntijan P. Kosken mukaan tulisikin tällaisia kiinteistöjä tarkastella jaottelun sijaan itsenäisinä kokonaisuuksinaan. (Pertti Koski, 2014)

Esimerkkitapausten tutkiminen auttaa hahmottamaan tyypillisiä kiinteistöissä esiintyviä potentiaalisia pudotettavia tehoja, sekä tutkimaan niiden ohjattavuutta sekä määrittämään erilaisia menetelmiä kuormien ohjaamiseksi. Työssä asian konkretisoimiseksi on esitetty 3 kappaletta esimerkkikiinteistöjä ohjausmahdollisuuksineen. Lisäksi tuodaan ilmi tehojen ohjaamiseen liittyviä tekijöitä esimerkkikiinteistöissä.



## 4 TYYPILLISET TEHONPUDOTUSPOTENTIALIT

### 4.1 Sähkölämmitys

Suomessa käytetään sähkölämmitysmuotoina suoraa tai varaavaa sähkölämmitystä. Varaavan sähkölämmityksen suurin etu kysynnän jouston kannalta on mahdollisuus lämmittää varaajaa haluttuna ajankohtana. Nykyisin varaajaa käyttävä sähkölämmitys toimii yleensä yöaikaan, jolloin säästetään varaajanlämmityskustannuksissa päivätariffia halvemman yötariffin ansiosta. Yötariffin käynnistyessä alkaa varaaja lämmitä. Kun haluttu lämpötila on saavutettu, kytkeytyy varaaja pois päältä termostaatin ohjaamana. Varaajaa voitaisiin periaatteessa lämmittää minä hetkenä vuorokaudessa tahansa muualta saapuvalla ohjauskäskyllä tariffiohjauksen sijaan. Tällöin varaajan lämpövastukset sähköverkkoon liittävä tariffiohjattu kontaktori saisikin ohjauskäskynsä sähköön myyjältä.

Toinen käytettävistä sähkölämmitysmuodoista, suorasähkölämmitys, on luonteeltaan erilainen. Suorasähkölämmityksessä ei ole erillistä varaajaa johon lämpöenergia varastoituu, vaan lämmityskojeet kytkeytyvät päälle aina tarvittaessa termostaatin ohjaamana. Nämä lämmityskojeet voivat esimerkiksi olla sähköisiä lämmityspattereita tai lattialämmityselementtejä. Tällainen lämmitysmuoto on kysynnän jouston kannalta ohjattavissa huomattavasti lyhyemmän aikaa, jotta asumismukavuus voidaan säilyttää. Myös kaukolämmön tai öljyn avulla lämmitettävissä kiinteistöissä käytetään toisinaan sähkölämmitystä kosteiden tilojen lattialämmityksissä sekä sulanapitolämmityksinä. Vaikka näiden tilojen lämmittämiseen käytetty energia on tällöin kalliimpaa, ovat lämmityselementit hankintahinnaltaan ja asennuskustannuksiltaan edullisempia.

Kiinteistössä sähkölämmityksen vuorokaudessa käyttämä energiamäärä on riippuvainen monista tekijöistä. Tarvittavaan energiamäärään vaikuttavat kiinteistön koko, eristeiden hyvyys, lämmitettävä pinta-ala, vallitsevat ilmasto-olosuhteet sekä haluttu sisälämpötila. Näin ollen tulisikin ohjattavan sähkölämmitystehon määrää kartoitettaessa tarkastella kiinteistön sähkölämmityksen kokonaistehoa, josta tietty osa voitaisiin muuttaa ohjauksen alaiseksi.

## 4.2 Sulanapitolämmitykset

Sulanapitolämmityksiä käytetään usein liike-, toimisto- ja teollisuusrakennuksien kulkuväylillä, lastauspisteillä, räystäskouruissa sekä viemäreissä. Sulanapitolämmitys toteutetaan tyypillisesti asentamalla lämmitettävään rakenteeseen lämmityskaapeli tai muu lämmityselementti. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva kytkinlaite ohjaa lämmityselementin päälle määrätyin väliajoin, kun lämpötila on lähellä 0 °C. Lämmityselementti voi olla myös itsestään säätyvä, jolloin sen teho riippuu ympäristön lämpötilasta. Elementin ottamaan tehoon vaikuttaa olennaisesti myös elementin mitat, eli kuinka suurta aluetta sillä lämmitetään, ja kuinka suuri teho alueelle tarvitaan.

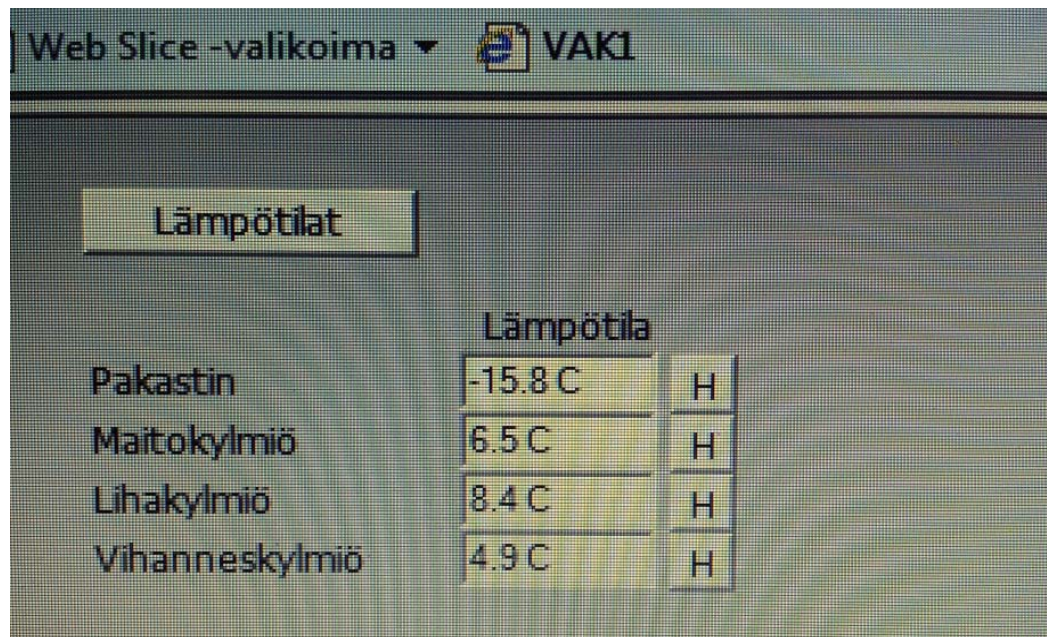
Näitä tehoja voidaan ohjata helposti avaamalla lämmityksen kontaktori haluttuna ajankohdalla. Kulkuväylille sijoitettuja sulanapitolämmityksiä ohjattaessa täytyy kuitenkin varmistua siitä, ettei kulkuväylille pääse kertymään jäätä. Sulanapitotehon pudotus voitaisiinkin toteuttaa esimerkiksi pienentämällä sulatettavan alueen pinta-alaa hetkellisesti. Tosin tämä järjestely vaatisi kahdet erilliset lämpöelementit.

## 4.3 Jäähdytyslaitteet

Erityisesti suurissa kohteissa, joissa koko kiinteistön huoneilmaa pyritään jäähdyttämään, on ilmastointi merkittävä osa kokonaisenergiakulutuksesta kesäaikaan. Jäähdytysjärjestelmään ottamaa tehoa voidaan rajoittaa käyttämällä säädettävää taajuusmuuttajakäyttöä jäähdytyskompressoria pyörittävissä moottoreissa tai suoraan poistamalla koko jäähdytyslaitteisto hetkellisesti toiminnasta. Käytettävissä oleva tehonpudotusaika määräytyisi tällöin sen mukaan, kuinka paljon jäähdytyksen tehoa lasketaan ja kuinka paljon kiinteistön sisälämpötila saa nousta.

Kohteissa, joissa kylmälaiteita käytetään elintarvikkeiden tai muiden lämmölle herkkien tuotteiden jäähdyttämiseen, tulisi jäähdytysyksiköiden, esimerkiksi pakastinten lämpötilan valvontalaitteiston ohittaa kylmälaitteen tehonpudotuskäsky hyvissä ajoin elintarviketurvallisuuden säilymiseksi. Kuvassa 1 erilaisten kylmiöiden lämpötilat ovat näkyvillä kiinteistöautomaatiojärjestelmässä. Ohjausmahdollisuuksista huolimatta elintarvikkeisiin liittyvien kylmälaitteiden lyhytaikainenkin ohjaaminen sisältää riskin elintarvik-

keiden pilaantumisesta. Tästä johtuen tällaisten kylmälaitteiden ohjaaminen ei tule ensimmäisenä kysymykseen.



	Lämpötila	
Pakastin	-15.8 C	H
Maitokylmiö	6.5 C	H
Lihakylmiö	8.4 C	H
Vihanneskylmiö	4.9 C	H

KUVA 1. Kylmiöiden lämpötilat automaatiojärjestelmässä. (J. Siivonen 2014)

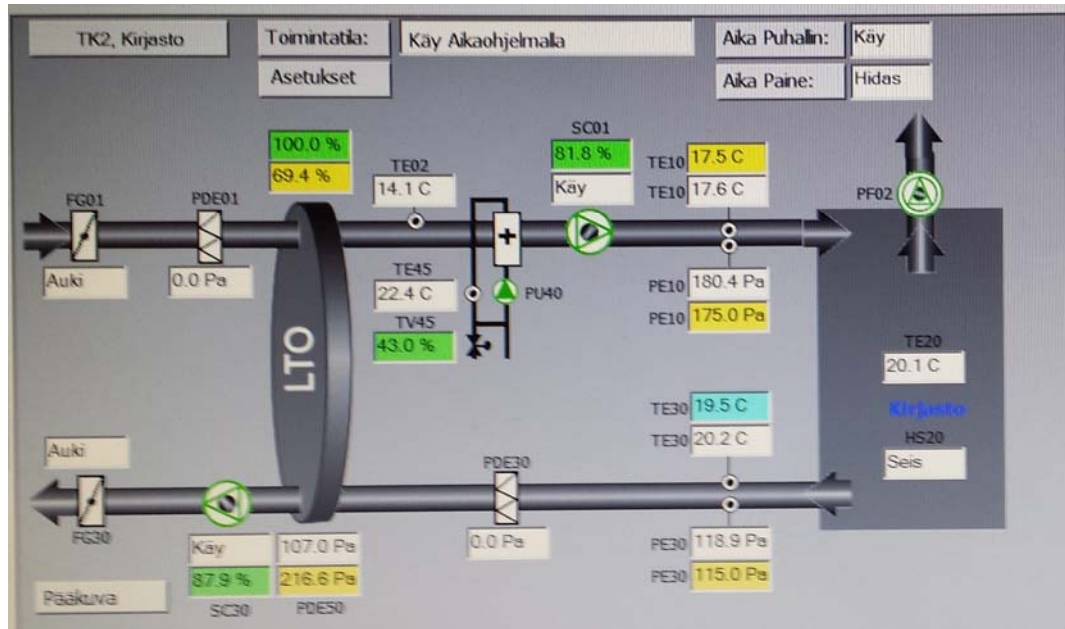
Suuret kylmälaitekokonaisuudet voidaan toteuttaa omaan konehuoneeseensa keskitetyllä kylmäkoneikolla, joka paineistaa kylmäainetta esimerkiksi myymälän kaikille kylmälaitteille. Tällainen kylmäkoneikon teho voi olla jopa satoja kilowatteja esimerkiksi suuressa myymälässä, riippuen aina tarvittavasta kylmäkapasiteetista.

#### 4.4 Ilmastointilaitteet

Ilmastointikoneiden tehonkulutus koostuu pääasiassa ilmaa liikuttavien puhallinmoottorien ottamasta tehosta. Nämä moottorikäytöt ovat vielä 90-luvulla rakennetuissa kiinteistöissä suoria käyttöjä. Taajuusmuuttajakäyttöjä käytetään tyypillisesti uudemmissa kohteissa, joissa ilmastoinnin tehoa halutaan säätää automaatiojärjestelmällä, tällöin halutaan myös ilmastointikoneiden tehon säätyvän portaattomasti.

Kiinteistöissä joissa ilmastointilaitteiden puhallinmoottoreita ohjataan taajuusmuuttajakäyttöillä, on ilmastoinnin ohjaaminen helppoa. Varsinkin ilmastointijärjestelmän ollessa liitetty nykyaikaseen kiinteistöautomaatiojärjestelmään, voidaan ohjaus toteuttaa jopa täysin ohjelmallisesti. Automaatiojärjestelmä välittää tiedon tarvittavasta tehosta puhall-

linmoottoria käyttävälle taajuusmuuttajalle, joka ohjaa puhallinmoottorin pienemmälle teholle. Automaatiojärjestelmällä on keskeinen rooli ohjauksen kannalta, koska sen avulla voidaan tehdä hetkellisiin tehoihin suuria muutoksia, ja kasvattaa ilmastoinnin tehoa olosuhteiden huonontuessa liiaksi. Kuvassa 2 on esitetty Ilmastointijärjestelmän hallintanäkymä.



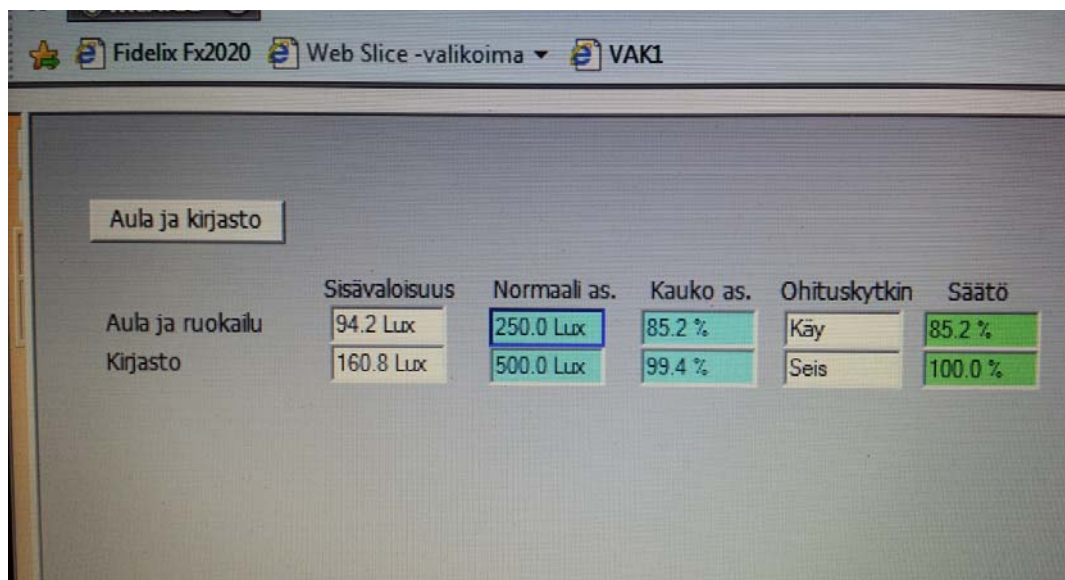
KUVA 2. Ilmastointijärjestelmän hallintanäkymä automaatiojärjestelmässä. (J. Siivonen 2014)

Ilmastoinnin ollessa olennainen osa kiinteistön olosuhteisiin vaikuttavia järjestelmiä, vaikuttavat ohjaukset vääjäämättä kiinteistön ilmanlaatuun. Mitä enemmän ilmastointikoneiden tehoa leikataan, sitä lyhyemmän aikaa ohjaus voi kestää. Uusiin rakennuksiin kannattaa tämän takia asentaa anturit, joilla voidaan mitata ilmanlaatuun vaikuttavien tekijöiden kuten hiilidioksidin tai kosteuden pitoisuus huoneilmassa ja näin sovittaa ilmastoinnin teho mahdollisimman sopivaksi sekä määrittää, milloin tehonpudotus tulee lopettaa. Tehonpudotus voidaan taajuusmuuttajien sijaan suorittaa käyttämällä yksinkertaista tyristorisäädintä, jolloin yksi keskitetty säädin voisi tuottaa kiinteistön puhallinmoottoreille alennettua jännitettä.

## 4.5 Valaistusjärjestelmät

Uudet väylätekniikkaa hyödyntävät valaistusjärjestelmät ovat helposti ohjattavissa, kunhan kiinteistössä käytettävät valaisimet mahdollistavat tehonpudotuksen. Valaistuksen voimakkuus on suoraan verrannollinen valaistuksen ottamaan tehoon. Tehonpudotuksen aikana voitaisiin valaistuksen tehoa laskea hetkellisesti esimerkiksi 20 prosenttia, riippuen tilojen käyttötarkoituksesta ja siitä kuinka paljon tavallinen valaistuksen taso ylittää minimivaatimukset.

Valaistusjärjestelmään voidaan lisäksi asentaa valaistusvoimakkuutta mittaavia antureita, joiden antaman Lux-määrän avulla saadaan tieto eri tilojen sen hetkisestä valaistuksesta. Tällaisen järjestelmän avulla voidaan kiinteistön valaistukseen käytettävässä energiassa säästää, koska päiväsaikaan auringon antaessa valoa sisätiloihin voidaan valaistuksen tehoa madaltaa. Näiden antureiden avulla saadaan myös tieto tilojen valaistusolosuhteista tehonpudotuksen aikana. Kuvassa 3 esimerkki nykyaikaisesta valaistuksen ohjauksesta.



The screenshot shows a web-based interface for lighting control. At the top, there are browser tabs for 'Fidelix Fx2020', 'Web Slice -valikoima', and 'VAKI'. Below the tabs, there is a table with the following data:

	Sisävaloisuus	Normaali as.	Kauko as.	Ohituskytkin	Säätö
Aula ja kirjasto	94.2 Lux	250.0 Lux	85.2 %	Käy	85.2 %
Aula ja ruokailu	160.8 Lux	500.0 Lux	99.4 %	Seis	100.0 %

KUVA 3. Valaistuksen ohjaus. ( J. Siivonen 2014)

Valaistuksen ohjaus kohteissa joissa erillistä ohjausjärjestelmää ei ole käytettävissä voidaan toteuttaa alentamalla valaisinten saamaa jännitettä. Katuvalaistuksessa ohjaus on usein toteutettu releiden ja säästömuuntajien avulla. Tehonpudotuskäskyn saapuessa rele muuttaa valaistuskytkennän saaman jännitteen kulkemaan säästömuuntajan kautta, joka madaltaa vaihejännitteen esimerkiksi 200 V:n. Nykyisin ohjausta käytetään lähinnä

yöaikaan, jolloin liikenne on vähäisempää, mutta pelkkiä säästöjä ajateltaessa ohjaus voitaisiin toteuttaa myös minä tahansa muuna ajankohtana, kun katuvalaistus on käytössä.

#### 4.6 Vaarat ja riskit

Tässä luvussa käsitellään kysynnän joustoon tarvittavien ohjaustapojen aiheuttamia vaaroja ja riskejä. Tarkastelussa käytetään työkaluna Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) potentiaalisten ongelmien analyysia (POA), jonka avulla tuotetaan luettelo hankkeen tunnistetuista vaaroista, määritetään tarittavia jatkotutkimuksia sekä löydetään turvallisuuden kannalta järjestelmien keskeiset osat. Analyysissä noudatetaan tässä tapauksessa seuraavaa toteutusjärjestystä: Vaarojen tunnistaminen aivoriihessä → Vaarojen arviointi → Toimenpide-ehdotusten kehittäminen → Analyysin raportointi. (VTT, Riskianalyysi, 2014)

Aivoriihessä mietittiin erilaisia skenaarioita, joissa kysynnän joustosta aiheutuva ohjauskäsky aiheuttaa vaaraa omaisuudelle tai ihmisille. Skenaariot kohdistettiin tämän opinnäytetyön tyypikiinteistöihin. Lisäksi määritettiin ratkaisuja, joilla analyysin aikana kartoitettuja vaaratilanteita ehkäistään ja riskien mahdollisuus matalalle tasolle. Ilmanvaihtoon liittyvän analyysin tulokset on esitetty taulukossa 1. Loput tulokset on esitetty Liitteen 2 taulukoissa.

TAULUKKO 1. POA Riskit ja niiden ehkäisy.

	Ohjattava järjestelmä		
	Ilmastointi		
Vaara	Huono ilmanlaatu	Kosteus	Vaaralliset kaasut ilmassa
Seuraus	Sairastelu, Huono työympäristö	Rakenteiden homehtuminen, Sairastelu, Allergiat	Tapaturma, Tulipalo, Räjähdyk
Ehkäisevät toimenpiteet	Ilmanlaadun seuranta useista pisteistä, ilmastoinnin ohjaus, lyhyt tehonpudotusaika		

## 5 KUORMIEN OHJAUS

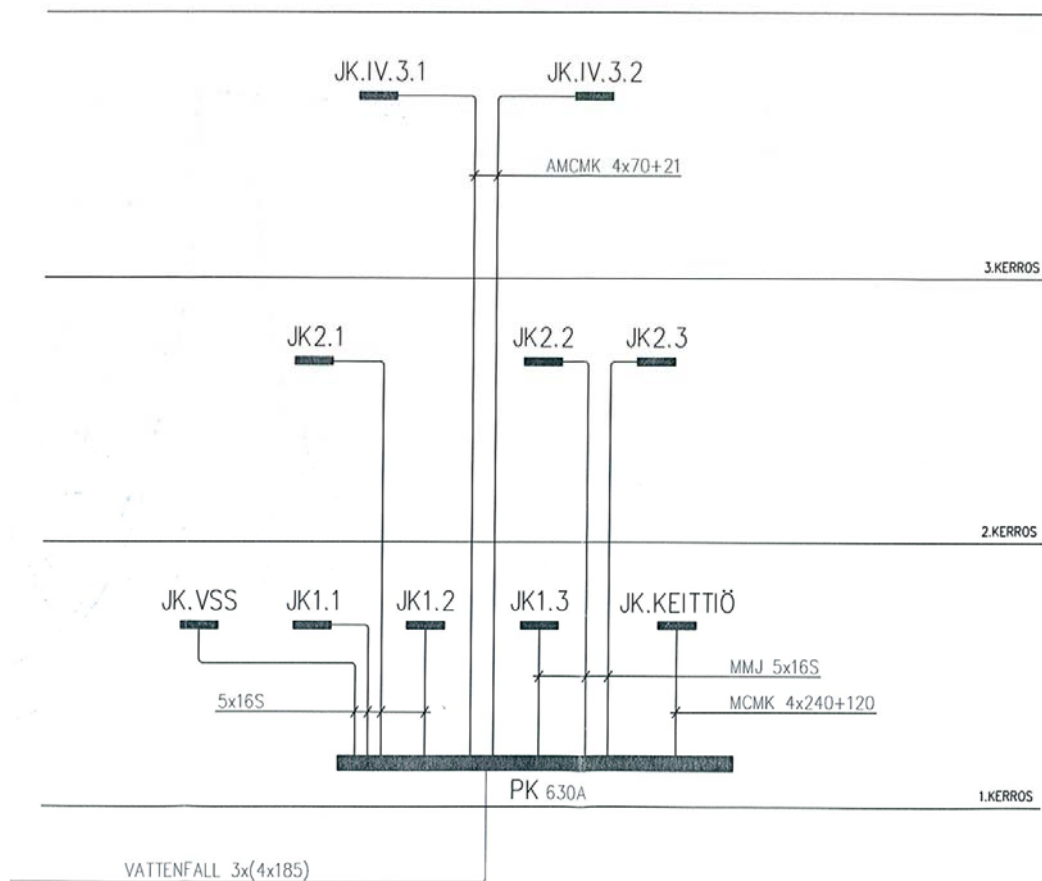
Kun suurimmat potentiaaliset ohjattavat järjestelmät kohdekiinteistöissä on arvioitu, voidaan ottaa syvemmin kantaa niiden mahdollisiin ohjaustapoihin. Edellisissä luvuissa mainitut järjestelmät ovat kuormituksina erityyppisiä, joten seuraavissa luvuissa pohditaan erilaisia ohjaustapoja niiden ohjaamiseen. Lisäksi esitetään kohdekiinteistöiden sähkönjakelujärjestelmien tyypillisiä rakenteita, sekä niiden vaikutusta erilaisten kuormien ohjaamiseen.

### 5.1 Kiinteistöiden jakelujärjestelmien rakenne

Suurien kiinteistöjen sähkönjakelujärjestelmät koostuvat yleensä pääkeskuksesta ja useista jakokeskuksista. Kiinteistö liittyy pienjännitesähköverkkoon pääkeskuksella, jonne on tyypillisesti sijoitettu kiinteistön kuluttaman sähköenergia mittaus, lähdöt kiinteistön jakokeskuksille ja tarvittaessa loistehonkompensointilaitteisto. Jakokeskukset sijaitsevat kiinteistössä lähempänä lopullisia kulutuspisteitä kuten liitteen 1PK-teollisuuden jakelujärjestelmän periaatekaaviossa on esitetty. Jakokeskusten syöttämissä kuormissa on melko suuriakin eroavaisuuksia kiinteistön rakennusvuoden mukaan. Pääsääntöisesti uudemmissa kiinteistöissä kuormien jaottelu keskuksittain on huomattavasti selkeämpää kuin vanhoissa. Nykysin keskukset on jaoteltu käyttötarkoituksittain selkeämmin syöttämään tietyn tyyppisiä kuormia, kuten kuvassa 4 on havainnollistettu. Tosin tämän jaottelun vaikutus kuormien ohjattavuuteen ei ole enää uudemmissa kiinteistöissä yhtä merkittävä tekijä lisääntyneen kiinteistöautomaation johdosta. Mikäli kiinteistön kuormia ohjataan ilman kiinteistöautomaatiojärjestelmää, on selkeän jaottelun etuna ohjauksien yksinkertaisempi toteutus. monia jakokeskuksia sisältävä jakelu vaikeuttaa kysynnän jouston käyttöönottoa, koska mahdolliset ohjaukset tarvitsisi toteuttaa kaikissa jakokeskuksissa joissa ohjattavia järjestelmiä sijaitsee.

Suurissa kiinteistöissä kaapelointietäisyydet kasvavat yleensä pitkiksi, jolloin jakelujärjestelmä usein toteutetaan kuten kuvassa 4. Tällöin vältetään pitkiltä ryhmäjohtoilta, joka parantaa kustannustehokkuutta, oikosulkuvirtaa sekä madaltaa jännitteenalenemaa kiinteistön sisällä.





KUVA 4. Tyypillinen suuren kiinteistön jakelujärjestelmä. (J. Siivonen 2014)

Kuvan 4 esimerkissä esiintyvät JK.IV.3.1 ja JK.IV.3.2 ovat kahden erillisen ilmanvaihtokonehuoneen jakokeskuksia. Pääkeskukselta tulee nousukaapeli 3. kerrokseen näille jakokeskuksille, jotka syöttävät edelleen ilmanvaihtokoneita.

Jakokeskuksen syöttäessä LVI- tai valaistuskuormia on jakokeskuksen ja kiinteistöautomaatioyksikön välille asennettava ohjauskaapeli, jota pitkin kiinteistöautomaatiojärjestelmällä voidaan hallita jakokeskuksen syöttämien kuormien kontaktoreita. Kuten kuvan 5 jakokeskuksessa.





KUVA 5. Tyypillinen Iv-konehuoneen jakokeskus. (J. Siivonen 2014)

Kuvassa näkyvän jakokeskuksen paneelin kanteen on sijoitettu kiertokytkimet, joilla ilmastointilaitteiden sähkönsyöttöä hallitsevat kontaktorit ohjataan 1-, Auto-, tai 0-tilaan. Tilassa A- automaatiojärjestelmältä saapuva ohjauskäsky ohjaa kontaktorin kiinni tai auki tarpeen mukaan. Ilmastointilaitteen sähkömoottoreiden ottamaa sähkötehoa säättää kuitenkin taajuusmuuntaja, joten kontaktorit ovat käytännössä aina vetäneenä kun Auto-ohjaus on käytössä. Taajuusmuuttaja ei juuri kuluta tehoa valmiustilassa ollessaan, vaan moottoria pyöritettäessä. Mikäli kyseessä olisi suora sähkömoottorikäyttö ilman taajuusmuuttajia, ohjaisivat kontaktorit moottorit päälle ja pois.

Suunniteltaessa kuormien ohjausta ilman automaatiojärjestelmää, tulisi kartoittaa voidaanko esimerkiksi jonkin jakokeskuksen lähtö ohjata pois päältä hetkellisesti suoraan pääkeskukselta. Mikäli näin ei voida menetellä, on vedettävä kaapeli pääkeskuksen kuormanohjauslaitteelta jakokeskukselle ja toteuttaa tarkempi ohjaus paikallisesti kontaktoreilla.

## 5.2 Ajoittain käyvät järjestelmät

Vaikein kuormitustyyppi kysynnän jouston kannalta on ajoittain käyvät järjestelmät. Näihin voidaan lukea esimerkiksi lämpötilanhallintaan käytettävät laitteistot. Sähkölämmitys- tai jäähdytyslaitteisto käynnistyy, jotta kiinteistön sisäilma saavuttaisi halutun lämpötilan. Kun haluttu lämpötila on saavutettu, laitteisto useimmiten ohjautuu kokonaan pois päältä tai osateholle.

Ohjattavat tehot voivat olla suuria, mikä vaikuttaa kysynnän jouston kannalta varsin otolliselta. On kuitenkin huomioitava, että ajoittain käyvissä järjestelmissä ei tiedetä kuluttaisiko järjestelmä sähköenergiaa lainkaan ohjauskäskyn saapuessa. Sovellettaessa tätä ajattelua esimerkiksi sähkölämmityskohteeseen, jossa lämmitysvastukset ovat kytkeytyneet juuri pois päältä, kun haluttu lämpötila on saavutettu, ei esimerkiksi 15 minuutin tehonpudotuskäskyllä ole välttämättä lainkaan vaikutusta. Ongelma ratkeaa laajennettaessa pudotuskäskyä isommalle alueelle, jossa suurella todennäköisyydellä on aktiivisessa tilassa olevia järjestelmiä.

Mikäli kiinteistöjen sisälämpötila on ehtinyt muuttua tehonpudotuskäskyn aikana, kytkeytyvät lämmitys- tai jäähdytyslaitteet monissa kohteissa samanaikaisesti toimintaan. Ongelmaksi muodostuu tällöin pudotuskäskyn päättymistä seuraava tehonkulutuspiikki. Syntyvää piikkiä voitaisiin hillitä päättämällä tehonpudotuskäsky asteittain pieniltä alueilta kerrallaan.



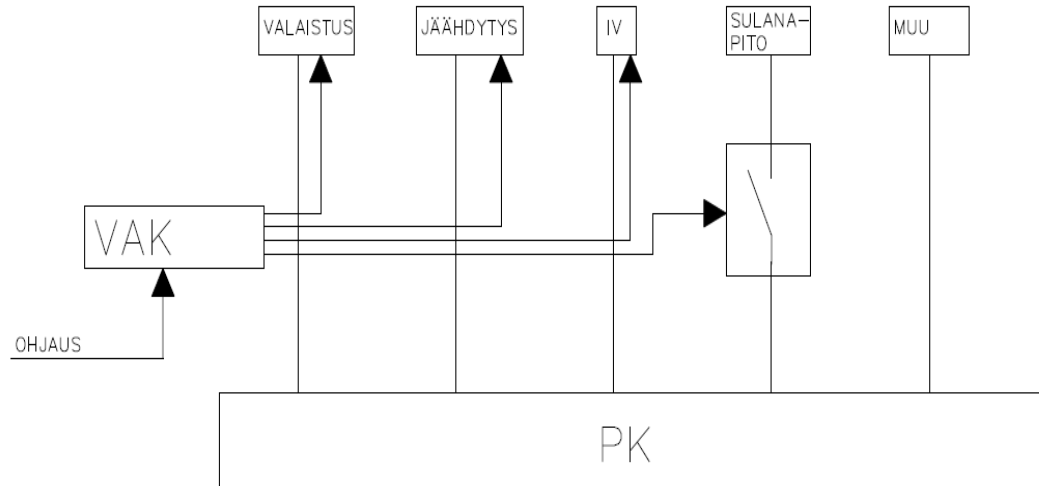
suoran- tai varaavan sähkölämmityksen ohjauksen. Toteutuksesta voidaan havaita yksinkertaisen ohjaustekniikan olevan jo olemassa. SLY-kytkentä suositus on annettu vuonna 1992, mutta nykyään verkkokäskystä huolehtii älykäs energiamittari. Osa jo olemassa olevien kiinteistöiden kuormituksista voitaisiin kytkeä releen ohjaaman kontaktorin taakse, jolloin ohjattavissa olevaa tehoa olisi heti käytettävissä. Nämä muutokset toteutettaisiin käyttämällä erilaisia taloudellisia kannustimia. (Virtuaali AMK)

#### **5.4 Kiinteistöautomaatiojärjestelmät**

Kiinteistövalvonta alakeskus (VAK) on kiinteistöjärjestelmiä hallitseva keskus, jonka toimintaa voidaan hallita suoraan esimerkiksi PC:llä. VAK:in keskusyksikkö sisältää pienen PC pohjaisen tietokoneen, kiinteistön hallintaan tarvittavan ohjelmiston ja I/O-kortin ohjauksia varten. I/O kortteja voidaan asentaa lisäksi suoraan ohjattavien järjestelmien jakokeskusten yhteyteen.

VAK ohjaa monissa julkisissa ja suurissa kiinteistöissä (esimerkiksi koulut, urheilukeskukset, liikerakennukset yms.) valaistusta, lämmitystä, ilmanvaihtoa sekä muita siihen liitettyjä järjestelmiä. Tekniikan kehittyessä ja komponenttien tuotantomäärien kasvun ansiosta automaatiojärjestelmien hinnat ovat madaltuneet siinä määrin, että niitä asennetaan nykyisin myös omakotitaloihin. Omakotitaloissa kiinteistöautomaatiojärjestelmät voivat ohjata monia erilaisia sähköjärjestelmiä samaan tapaan kuin suurissakin kohteissa. Ohjattaviin sähköjärjestelmiin lukeutuvat esimerkiksi lämmitys, valaistus ja ilmanvaihtojärjestelmät.

Asiakkaalle saapuva tehonpudotuskäsky voidaan tuoda suoraan VAK:iin, joka ohjaa osan järjestelmistä joko kokonaan pois käytöstä tai vastaavasti osateholle siihen saakka, kunnes tehonpudotuskäsky kumotaan. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä voi ohjata osaa tehoista myös tarvittaessa takaisin päälle, mikäli jokin mitattava tekijä kuten lämpötila tai ilmanlaatu sitä vaatii. Ohjaustavan johdotus on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän rakenne.

Tampereen Sähköverkko Oy:n asiakaspalvelupäällikön mukaan kiinteistöautomaatiojärjestelmien tarjoamaa ohjauspotentialia ei saada täysin hyödynnettyä käytettäessä pelkästään energiamittarilta saatavaa pudotuskäskyä. Nykyaikaisella kiinteistöautomaatiojärjestelmällä varustetuissa kohteissa voidaan ohjata erilaisia järjestelmiä, kuten ilmastointia tai valaistusta. Tämä mahdollistaa huipputehon hetkellisen laskemisen ja kulutuksen siirtämisen otollisempaan ajankohtaan. Tehokkainta olisi tuoda kiinteistöautomaatiojärjestelmälle tieto sähkön tuntihinnasta ja toisaalta tieto hetkellisestä huipputehosta jota ei haluta ylittää. Tiedonsiirtolaitteiston ja automaatiojärjestelmien hankinta, asennus ja valinta tulisi olla kuluttajan vastuulla, jotta asennetun järjestelmän taso ja säätömahdollisuudet vastaavat kuluttajan tarpeita. (Marko Lundström, 2014)

## 6 ESIMERKKIKIINTEISTÖT

### 6.1 Koulukeskus

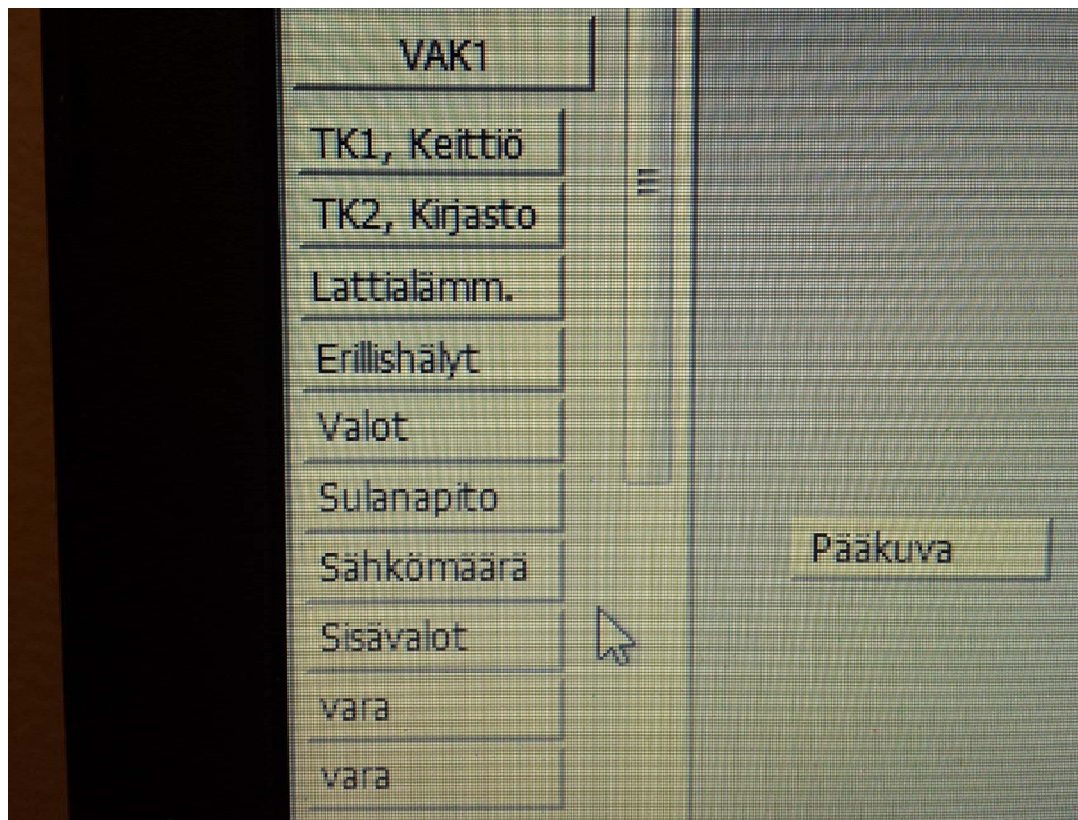
Koulukeskus on Kanta-Hämeessä sijaitseva 2006 valmistunut koulurakennus, jonka huoneistoala on 2758 neliömetriä. Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmä on koneellinen. Koulurakennuksen pääsulakkeet ovat 3x3x200A eli kolme kappaletta 3x200A syöttöjä muuntamolta.

Kiinteistön valaistus, lämmitys, sulanapito ja ilmanvaihtojärjestelmät on kytketty kolmeen eri valvonta-alakeskukseen (VAK). Kaikkien keskusten tietoihin ja asetuksiin päästään vahtimestarin PC:ltä. Automaatiojärjestelmä itsessään on Fidelix Oy:n toimitama. Lähes kaikkia kiinteistön kuormituksia voidaan ohjata kiinteistöautomaation avulla, lukuun ottamatta keittiökoneita ja sähkönjakelua kuten pistorasioita. Kuvassa 8 on ilmastointikoneen tuloilmapuhaltimen oikosulkumoottoria käyttävä taajuusmuuttaja.



KUVA 8. Koulun yhtä tuloilmapuhallinta ohjaava taajuusmuuttaja. (J. Siivonen 2014)

Sovellettaessa kysynnän joustoa tähän kiinteistöön huomataan automaatiojärjestelmän olevan täysin kykeneväinen ohjamaan kiinteistön kuormituksia päälle ja pois, riippuen hetkellisestä kuormitustilanteesta. Ilmastointien ja valaistuksen tilatiedot välittyvät edelleen järjestelmään, josta nähdään ohjausten vaikutus, sekä tarvittaessa keskeyttää ohjaus mikäli olosuhteet huononevat liiaksi. Esim.: huono ilmanlaatu → Ilmastointia tehostettava. Ainoa tarvittava kytkentämuutos on tässä tapauksessa tuoda kaapeli energiamittarilta kiinteistöautomaatiojärjestelmään, jonka välityksellä voidaan mahdollinen ohjaustieto tuoda perille. Lisäksi kiinteistöautomaatiojärjestelmän ohjelmistoon on tehtävä tarvittavat muutokset. Tarvittavat muutokset ovat ehtoja joilla kuormia ohjataan päälle/pois. Sähkönkulutuksen ollessa huipussaan, ohjautuvat esimerkiksi ilmastoinnin puhallinmoottorit sekä aulatilojen valaistus pienemmälle tasolle. Pudotettavissa oleva tehopotentiali määräytyy sen mukaan, kuinka paljon valaistus ja ilmanlaatuolosuhteista voidaan tinkiä. Kuvassa 9 on esitetty VAK käyttöliittymässä näkyvät ohjausmahdollisuudet.



KUVA 9. Näkymä VAK:in käyttöliittymästä. (J. Siivonen 2014)

Vaikka kiinteistössä on hyvät valmiudet ohjata useita erilaisia ilmastointi-, valaistus- ja lämmityskuormia, ei niitä luonnollisesti ole otettu vielä käyttöön. Todellinen kiinteistön tehonpudotuskapasiteetti määräytyy toteutuvien teknisten ratkaisujen perusteella.

Kiinteistön PK-kaaviosta (Liite 3) nähdään kiinteistön laskennallinen nimellishuipputehon olevan 354 kW. Keittiökoneiden osuus tästä on 285 kW. Tutkittaessa liitteen 3 pääkeskuskaaviota, huomataan ilmanvaihtokonehuoneita syöttävien jakokeskusten ottaman tehon olevan yhteensä 37 kW. Liitteessä 4 esitetyssä koulun valaisinluettelossa 400 W säädettäviä valaistusanturilla varustettuja valaisimia on 6 kpl. Valaisimista kertyy ohjattavaa tehoa yhteensä 2400 W. Ohjaamalla pelkkää ilmastointia sekä aulan valaistusta, voitaisiin näin huipputehosta pudottaa esimerkiksi 20 kW hetkellisesti. Kiinteistön suurin ohjauspotentialiaali on keittiökoneissa. Viivyttämällä ruoan valmistusta voitaisiin teoriassa säästää 100–200 kW hetkellisesti, tämä ei välttämättä ole mahdollinen järjestely tarkasti aikataulutetussa koulussa.

## 6.2 Teollisuuskiinteistö

Teollisuuskiinteistön esimerkkinä käytetään Tampereella sijaitsevaa Ruskon yrityskiinteistöt Oy kiinteistöä. Kiinteistön sähköpiirustukset on suunnitellut Näsin sähkö 1990. Kiinteistön pääjohtokaavio on esitetty liitteessä 6. Teollisuushallissa on erillisiä toimitiloja, joissa voi toimia toisistaan riippumattomasti erilaisia pienteollisuusyrityksiä. Tuotannon rakenne näkyy myös pääjohtokaaviosta suurena jakokeskusten määränä. Jokaisella toimitilalla on oma erillinen jakokeskuksensa, jotka on myös varustettu omalla energianmittauksellaan. Kyseiseen mittausjärjestelyyn on päädytty siksi, jotta jokainen kiinteistössä toimiva yritys maksaa itse sähkölaskunsa kuluttamansa energian mukaan.

Esimerkin teollisuushallien lämmitys on toteutettu kaukolämmöllä, joten ainoa kiinteistön oman mittauksen läpi kulutettu energia on tarkoitettu teknisten tilojen järjestelmille. Suunnitelmissa tämän tehon määräksi on mitoitettu 8 kW. Kiinteistön pääsulakkeiden koko on 630 A, joten tuotantoprosessien ulkopuolista tehonpudotuskapasiteettia ei kiinteistöstä löydy. Ainoa mahdollisuus vaikuttaa kiinteistön huipputehoihin on vaikuttaa suoraan tuotantoprosessiin.



### 6.3 Myymälä

Myymäläkiinteistön esimerkkinä käytetään Turussa sijaitsevaa K-Supermaket Runosmäkeä. Sähkösuunnitelmat on tehnyt Suunnittelutoimisto Hakala vuonna 2004. Kiinteistöä syötetään neljällä AMXK 4x185 mm<sup>2</sup> Al – kaapelilla. Pääsulakkeet ovat 4x3x200 A, joten kiskoston nimellisvirraksi on annettu 3x800 A. Kiinteistön PK-kaavio on esitetty liitteessä 5. Kohteen lämmitysmuotona on kaukolämpö.

Merkittävin yksittäinen tekijä kiinteistön huipputehossa on kylmäkoneikko, joka paineistaa kylmääainetta elintarvikkeiden ja myymälän sisäilman jäähdyttämiseen. Näiden kylmäkoneikoiden sulakkeet ovat 3x80 A ja 3x200 A. Myös myymälän valaisimet ovat suuri osa sähkönkulutuksesta. Pääkaaviossa myymälän valaistukselle on merkitty 8 kappaletta 3x16 A syöttöjä.

Koska kiinteistön kulutuskorjien tarkkoja kulutuksia ei tunneta, voidaan tehojen suhteellista osuutta arvioida käyttämällä sulakekokoja, joista voidaan edelleen laskea lähdön maksimiteho. Kun myös liittymän pääsulakkeiden maksimiteho tiedetään, saadaan suuntaa antava arvio tietyn kuormituksen osuudesta kiinteistön huipputehohon. Nämä tehot on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kulutuksen jakautuminen.

Lähtö	Sulake	Max. teho	Osuus
Kylmäkone 1	3x80 A	55,2 kW	10%
Kylmäkone 2	3x200 A	138 kW	25%
Valaistus	8x 3x200 A	115,2 kW	20%
LVI	3x63 A	43,5 kW	8%
Pääsulakkeet	4x3x200 A	552 kW	100%

Kiinteistön ilmastoinnin ohjaukset on toteutettu kiinteistöautomaatiojärjestelmällä, johon tuodaan kWh-mittareilta kiinteistön erilaisten järjestelmien tehonkulutustiedot. Tällainen toteutus mahdollistaa kysynnän jouston käytön tässä kiinteistössä ainoastaan ohjelmallisilla muutoksilla. Taulukosta 2 nähdään kiinteistön ohjattavissa olevien järjestelmien tehokulutuksen vastaavan noin puolta kokonaiskulutuksesta.

## 7 KÄYTÄNNÖN RATKAISUT

Kappaleessa esitellään tutkimushankkeen tässä vaiheessa syntyneitä ajatuksia kysynnän jouston käytännön teknisistä ratkaisuista.

### 7.1 AMR-mittarit

Monilla asiakkailla Suomessa on käytössään AMR-mittarit joiden avulla voitaisiin vähäisin muutoksin ohjata kuormituksia. AMR-mittarilla tarkoitetaan kaukoluettavaa energiamittaria, joka välittää tiedon mitatusta energiamäärästä myyjälle radioteitse, tai hyödyntämällä esimerkiksi sähköverkkoa tiedonsiirrossa. Tampereen sähkölaitoksen asiakkaista noin puolella asiakkaista on kaksi relettä sisältävä energiamittari, joka mahdollistaisi kuorman ohjauksen. Ohjauksen käyttöönotto vaatisi kuitenkin ohjattavien kuormien kytkemisen ohjaavan releen taakse. (Marko Lundström, 2014)

Yksinkertaisimmillaan kuormanohjaus voisi toimia ainoastaan AMR-mittarin tehonpudotusreleen ohjaamana. Releeltä tulevalle signaalilla voitaisiin kulutuskohteissa avata pudotettavien järjestelmien kontaktoreita hetkellisesti. Etuna tässä ohjaustavassa on pieni kytkentämuutosten sekä ohjauslaitteistoiden tarve. Monet AMR-mittareista soveltuvat tällaisiin ohjauksiin sellaisenaan tai niihin tarvitaan ainoastaan lisätä tehonpudotusrele. Toisaalta ohjaustapa tarjoaa varsin suppean mahdollisuuden hallita suurien kiinteistöjen hetkellisiä tehoja. Mikäli asiakas haluaa hallita kiinteistönsä sähköjärjestelmää kokonaisvaltaisesti ja dynaamisesti jää 1/0 – tyyppinen ohjaustapa, jossa tehonpudotus on kokonaan päällä/pois päältä, käytännössä hieman vajaaksi.

AMR-ohjaustapa jättää vastuun kuormien ohjauksesta sähkönmyyjälle. Mahdollisissa ongelma- ja vikatilanteissa olisi tämä toimija vastuussa ongelmista sekä korvausvelvolinen mahdollisista asiakkaalle syntyvistä vahingoista tai sähkönjakelun häiriöistä. Sähkön tuottajan etuna voidaan kuitenkin pitää sähkönmyyjälle jäävää valtaa. Tämä ohjaustapa mahdollistaa sähkönmyyjälle tehonpudottamisen heti tarpeen vaatiessa.

## 7.2 Tehokaista

Todennäköisin kuluttajia kysynnän joustoon kannustava hinnoittelumalli sähkömarkkinoilla on tehokaista. Tehokaistassa asiakkaan sähkösopimus perustuu tietyn suuruiseen tehokaistaan ja pääsulakekokoon. Pääsulakekoko rajoittaa asiakkaan suurimman käytössä olevan huipputehon. Tehokaista voitaisiin esimerkiksi asettaa 3x16 ampeeriin, joka ei siis esimerkiksi 3x25 ampeerin pääsulakkeilla rajoittaisi kuluttajan liittymän ottamaa tehoa. Tehokaistassa asetetun tehon ylittyessä, asiakkaan maksama kilowattituntihinta nousisi ylityksen ajaksi. (Marko Lundström, 2014)

Tehokaistan voidaan näin ajatella pienentävän asiakkaiden käyttämää huipputehoa, tai ainakin tarjoavan suurempia tuottoja myydystä sähköenergiasta kulutushuippujen aikana. Suuremmat tuotot tietysti osaltaan kompensoivat kulutushuippujen aiheuttamia haittoja ja riittävän suurilla hinnan korotuksilla asiakkaat ohjautuisivat käyttämään erilaisia tehonpudotusratkaisuja omatoimisesti. Esimerkkinä älykkäät kuormanohjausratkaisut jotka pienentävät kulutusta automaattisesti sähkön hinnan kasvaessa. Tällöin ohjauslaitteiden hankinta ja ylläpitokustannukset jäisivät ainoastaan asiakkaan vastuulle. Ohjaustavan haittapuolena voidaan pitää sitä, että sähkönmyyjä ei tällöin kykene varsinaisesti ohjaamaan kulutushuippua vaan ainoastaan lieventämään sitä.

## 7.3 Älykkäät laitteistot

AMR-mittarien sijasta monipuolisempana ratkaisuna voidaan pitää Internetiin kytkeytyviä kuormanohjauslaitteita. Ohjauslaitteet saavat sähkön hintatiedot ja -ennusteet internetin välityksellä suoraan sähkönmyyjältä. Hintatietojen ja ennusteiden pohjalta laitteisto ohjailee kiinteistön sisäistä sähkön kulutusta mahdollisimman taloudelliseksi. Tällaiset laitteistot voivat hallita järjestelmiä kytkeytymällä suoraan kiinteistön ohjattavissa oleviin järjestelmien kontaktoreihin sekä taajuusmuuttajien ohjaustuloihin. Kiinteistöautomaatiojärjestelmällä varustetuissa kohteissa kuormanohjauslaite ohjaa suoraan kiinteistöautomaatiojärjestelmää, joka edelleen huolehtii tehonpudotuksesta.

## 8 TUTKIMUKSEN JATKAMINEN

Teollisuus-, liike- ja julkiskiinteistöiden osa-alueella tulee suorittaa käytännön kokeita siitä, millaisia tuloksia kysyntä jousto käytännössä tuottaa. Kiinteistönä voidaan hyödyntää esimerkiksi Tampereen Ammattikorkeakoulun kiinteistöä tai vastaavaa. Kuormien ohjaus kannattaa ehdottomasti suorittaa kiinteistöautomaatiojärjestelmää käyttäen. Järjestelmään ohjelmoidaan muutama erilainen tehonpudotustila. Pitkäaikainen ohjaus pudottaa tehoa vähemmän ja lyhytaikaisella ohjauksella käytetään suurempaa pudotusta. Erilaisten ohjausten vaikutusta kiinteistön huipputehoon mitataan ja nämä tulokset dokumentoidaan. Lisäksi tulee selvittää kuinka paljon esimerkkikiinteistön olosuhteita voidaan hetkellisesti huonontaa ja miten paljon tämä todellisuudessa vaikuttaa kiinteistön käytettävyyteen. Voidaanko ilmanvaihtoa ja lämmitystä säätelevien standardien puitteissa toteuttaa näitä ohjauksia ja tarvitseeko suunnitteluohjeita näiden suhteen muuttaa?

Sähköalan yritykset osoittautuivat varsin yhteistyöhaluisiksi, koska kysynnän jousto tulee olemaan jo lähitulevaisuudessa vahvasti esillä. Näitä yhteistyökumppaneita tulee etsiä lisää ja toisaalta ylläpitää jo olemassa olevia kontakteja. TAMK:in tutkijaryhmän ja alan toimijoiden välisiä yhteistyöprojekteja pitää käynnistää syyslukukauden alussa, jotta tutkimustulokset ovat opiskelijoiden käytettävissä hyvissä ajoin ennen opinnäytetöiden palautusta. Hyviä kumppaneita ovat kiinteistöautomaatio- ja ohjausjärjestelmien toimittajat, sähköverkkoyhtiöt ja sähkösuunnittelutoimistot.

## 9 POHDINTA

Hankkeen aikana esille keskusteluissa nousi ohjauksien kannattavuus. Tärkeänä osana mahdollista tulevaa kysynnän joustoa tutkijaryhmämme piti ohjauksien yhdenmukaisuutta sekä yksinkertaista toteutusta. Suomessa on valtava määrä erikokoisia ja eri aikakausina rakennettuja taloja, näin ollen yhtenäisen laajan ohjaustavan löytäminen voi olla haastavaa. Omasta mielestäni paras ratkaisu on kuluttajan kannustaminen kysynnän joustoon erilaisilla hinnoittelumalleilla. Lisäksi tarvitaan selkeät ohjeet sähkösuunnitteluun, ohjausratkaisujen toteutukseen sekä hinnoittelun yhdenmukaisuuteen.

Kiinteistöiden jakelujärjestelmiä suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että kulutuskojeiden ja järjestelmien ryhmittely on selkeää ja kuormatehojen ohjausratkaisut helposti käyttöön otettavissa. Sähkölämmitysten yms. kuormien lähdöt tulee varustaa omilla kontaktoreillaan, jolloin ohjauksen toteuttaminen vaatii ainoastaan näiden kontaktorien ohjaamista. Pää- ja jakokeskusten välille kannattaa kiinteistön rakennusvaiheessa asentaa kaapelointi kuormanohjausta varten, sillä ohjauskaapeloinnin kustannukset nousevat merkittävästi kun rakenteita joudutaan avaamaan kaapeloinnin suorittamiseksi jälkikäteen. Kiinteistöihin rakennus- ja korjaustöiden aikana asennettavaksi valikoidut kojeet tulee valita niiden tehonkulutusta ja ohjattavuutta silmälläpitäen.

Alan toimijoita haastateltaessa esille nousivat vastuukysymykset. Keskiössä oli vastuun ohjausautomaatiikasta siirtäminen energiayhtiöltä asiakkaalle erilaisten hinnoittelumallien avulla, jolloin vältetään mittavilta investoinneilta. Sähköyhtiöiden suorittamat investoinnit jäävät lopulta kuluttajien maksettavaksi, koska sähkön myyjän kassavirta koostuu lähes täysin myydystä energiasta. Näin ollen sähkön myyjät voisivat kannustaa asiakasta kysynnän joustoon erilaisten hinnoittelumallien avulla ja älykkään kiinteistösähköverkon rakennuttaminen jäisi kuluttajan vastuulle. Tällöin myös ohjausjärjestelmän taso vastaisi mahdollisimman hyvin kuluttajan tarpeita. Sopivalla hinnoittelulla voitaisiin näin säätää kysynnän jouston määrää markkinoilla ja toisaalta ohjata alan teknologian kehittymistä.

Potentiaalisten ongelmien analyysissä ilmenneet ongelmat saadaan tehokkaasti ehkäistyä riittävällä olosuhteiden seuranalla. Olosuhteita voidaan seurata aktiivisesti hyödyn-

tämällä esimerkiksi lämpötila, hiilidioksidi ja valaistusvoimakkuusantureita. Toisaalta olosuhteiden säilyminen sopivina voidaan varmentaa tarkastamalla erilaisten ohjauksien vaikutuksia kiinteistöissä jo järjestelmiä asennettaessa, toisaalta tällöin ei voida täysin varmistua olosuhteista jonkin poikkeavan tilanteen aikana. Mikäli olosuhteet ovat valvottuja ja ohjaustapa riittävän älykäs, ei kysynnän jousto itsessään aiheuta kiinteistön käyttäjille tai kiinteistölle ongelmia. Tärkeä osa turvallisuutta on myös riskianalyyseissa (LIITE 2) esitelty sähköturvallisuus näkökohta. Järjestelmien kanssa toimiville henkilöille tulee selvittää kysynnän jouston aiheuttamat vaarat esimerkiksi jännittettömyyden toteamisessa. Myös yhdenmukaisen toteutustavan ja merkintöjen aikaansaaminen esimerkiksi standardisoinnin avulla on tärkeää.

Kysynnän jousto ei itsessään tuo asiakkaille lisäarvoa verrattuna nykyiseen malliin. Käytännössä voitaisiin ajatella sähkönmyyjän ulkoistavan epätasaisesta kuormituksesta koituvat ongelmat asiakkaalle, joka maksaa joka tapauksessa kaikki syntyvät kulut. Mikäli kysynnän jousto kuitenkin madaltaisi sähköenergian tuotanto- ja siirtokustannuksia, eivät nämä myyjälle syntyvät voitot välttämättä välity asiakkaan sähkölaskuun saakka. Lisäksi hinnoittelumallien vertailusta voidaan tehdä kuluttajalle tahattomasti tai tahallisesti vaikeampaa. Sähkön myyjälle ovat kysynnän jouston hyödyt ilmeisiä, mikäli siihen ohjaavat toimet kuten energian hinnoittelu eivät laske kokonaisenergiankulutusta. Energian menekin ennustaminen helpottuu kulutuspiikkien madaltuessa ja energiaa voidaan tuottaa puhtaammilla menetelmillä.

Siirryttäessä kohti älykästä sähköverkkoa, pidän tehokaistaa hyvänä ratkaisuna. Tehokaista kannustaa asiakkaita investoimaan kuormanohjausratkaisuihin ja tarkkailemaan energiakulutustaan. Tehokaistan myötä asiakkaat hankkivat vähitellen kuormanohjaustekniikkaa kiinteistöihinsä, joka on tärkeä askel edettäessä kohti älykkäämpää sähköverkkoa. Tällainen hinnoittelumalli myös uudistaa sähkösuunnittelun periaatteita, jolloin uudet kiinteistöt ovat entistä paremmin ohjattavissa.

## LÄHTEET

Fingrid. 2014 Sähkömarkkinat, Kulutus ja tuotanto, Kysyntäjousto. Luettu 7.3.2014.  
<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/kulutus-ja-tuotanto/Kysyntajousto/Sivut/default.aspx>

Fortum Oy. 2013. Tietoa sähkö sopimuksista. Luettu 18.2.2013.  
<http://www.fortum.fi/sahko>

Energiateollisuus Ry. 2014. Sähköntuotanto. Luettu 10.3.2014.  
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/sahkontuotanto>

Ensto. 2014. Ensto Pro, Keskusten dokumentointi. Luettu 18.3.2014.  
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210598828380/1211201150570/1211201199075.html>

VTT. 2014. Riskianalyysit. Potentiaalisten ongelmien analyysi. Luettu 31.2.2014.  
[http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit\\_potentiaalisten\\_ongelmien\\_analyysi\\_poa.jsp](http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_potentiaalisten_ongelmien_analyysi_poa.jsp)

Grip K. 2013. Pienasiakkaan kysynnän jouston ja oman tuotannon vaikutukset kuormitusmalleihin. Vaihtoehtoiset sähköenergiateknologiat. Tampereen teknillinen yliopisto.

Koski P. johtava asiantuntija. 2014. Haastattelu 18.2.2014. Haastattelija Siivonen J. Motiva Oy energiatehokkuus.

Niemelä T. suunnittelupäällikkö. 2014. Haastattelu 13.2.2014. Haastattelija Siivonen J. Sweco talotekniikka Oy. Tampere.

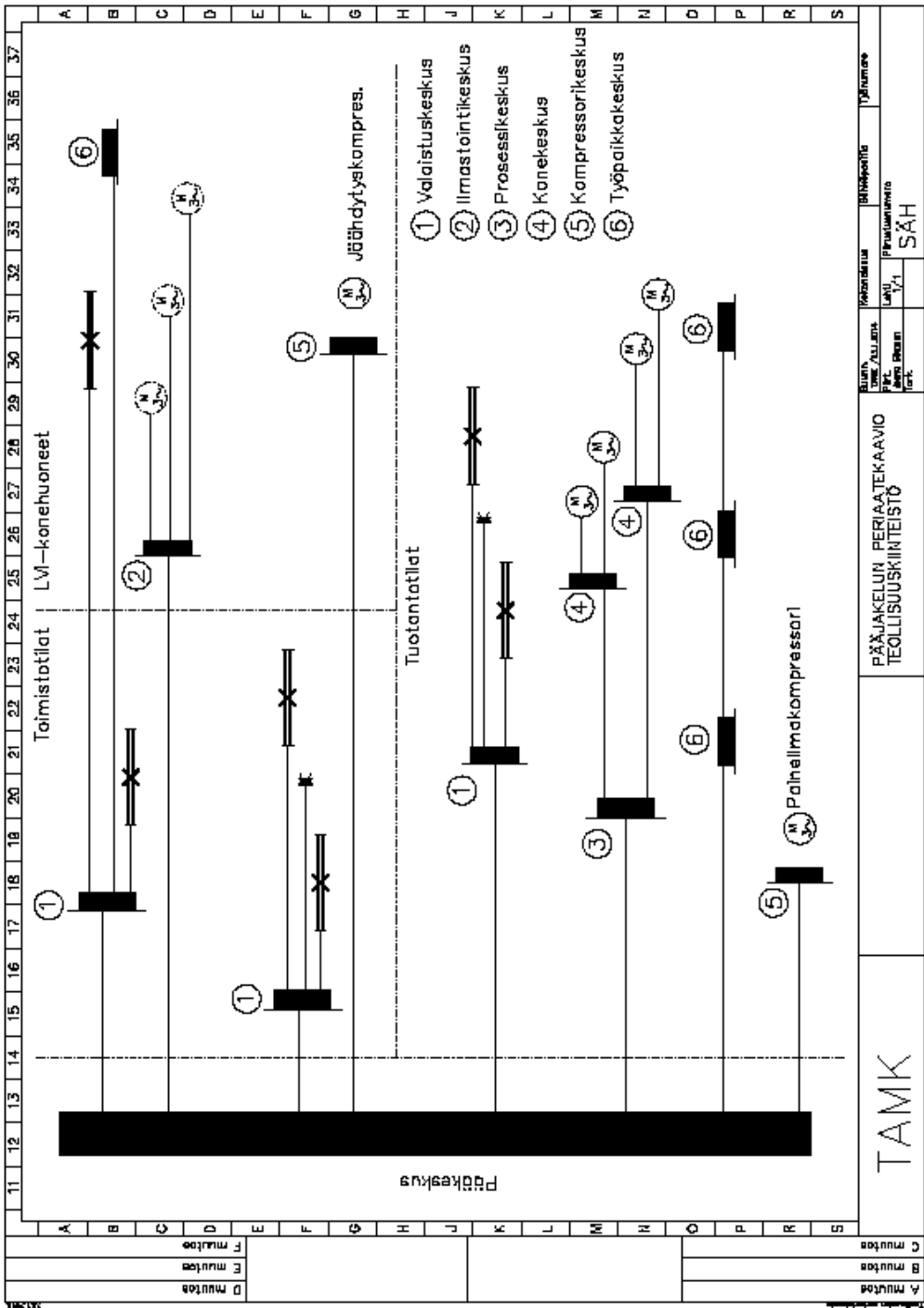
Tappura K. suunnittelupäällikkö. 2014. Haastattelu 18.2.2014. Haastattelija Siivonen J. Tampereen Sähköverkko Oy. Tampere.

Lundström M. suunnittelupäällikkö. 2014. Haastattelu 18.2.2014. Haastattelija Siivonen J. Tampereen Sähköverkko Oy. Tampere.

Virtuaali AMK. 2014. Ohjaus- ja säätötarpeet. Luettu 2.4.2014.  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0505015/1119948180490/1119963422183/1119963504610/1119963600486.html>

LIITTEET

Liite 1. PK-Teollisuuskiinteistön pääjakelun periaatekaavio esimerkki





TAULUKKO 3. Riskianalyysin tulokset.

	Muu	Ohjattava järjestelmä		
	Sähköturvallisuus	Ilmastointi		
Vaara	Jännitteettömyyden toteaminen	Huono ilmanlaatu	Kosteus	Vaaralliset kaasut ilmassa
Seuraus	Sähköisku, Kuolema, Vamma, Tulipalo	Sairastelu, Huono työympäristö	Rakenteiden homehtuminen, Sairastelu, Allergiat	Tapaturma, Tulipalo, Räjähdyk
Ehkäisevät toimenpiteet	Ohjausjärjestelmien selkeä merkitseminen, aiheen liittäminen osaksi sähkötyöturvallisuus koulutusta	Ilmanlaadun seuranta useista pisteistä, ilmastoinnin ohjaus, lyhyt tehonpudotusaika		

Taulukossa 3 on esitetty kuormanohjauksen aiheuttamia riskejä ihmisille tai omaisuudelle. Suurin riski muodostuu ohjattavien järjestelmien parissa työskenteleville henkilöille, kuten sähköasentajille. Sähkölaitteiston jännitteettömyyden koestaminen vaikeutuu, mikäli sähkön syöttöön vaikuttaa ulkopuolinen ohjausjärjestelmä. Asentaja voi tehonpudotuskäskyn aikana esimerkiksi saattaa vahingossa väärän osan laitteistosta jännitteettömäksi, josta huolimatta itse työkohte on myös jännitteetön ohjauskäskyn päättymiseen saakka. Käskyn päätyttyä laitteistoon palaa jännite, joka voi aiheuttaa henkilö- ja materiaali vahinkoja. Riskien todennäköisyyttä voidaan pienentää ohjaustapojen yhdenmukaistamisella sekä selkeällä ja yhdenmukaisella merkitsemistavalla. Ohjausten toiminta pitää olla selkeästi ja yksiselitteisesti ennakoitavissa. Nämä ohjaus- ja merkitsemiskäytännöt tulee edelleen sisällyttää osaksi alan koulutusta. Koulutuksessa tulee lisäksi esittää erilaisia menetelmiä, joilla kohteen jännitteettömyys ja jännitteettömänä pysyminen voidaan varmistaa.

Toinen taulukossa 3 esitetty ongelma liittyy ilmanlaatuun. Ilmanlaadun heikkeneminen aiheuttaa ongelmia ihmisille, tuotantoprosesseille sekä kiinteistöjen rakenteille. Ongelmat johtuvat liiallisesta ilmankosteudesta sekä huoneilmaan kertyvistä epäpuhtauksista. Liiallinen kosteus voi aiheuttaa rakenteiden homehtumista, joka edelleen haittaa tiloissa työskentelevien ihmisten terveyttä. Tärkeintä näiden ongelmien torjumisessa on ilmanlaadun riittävä seuranta. Kun ilmanlaatua tarkkaillaan aktiivisesti ja siihen kohdistuva tehonpudotus poistetaan käytöstä ajoissa, ei tällaisia ongelmia pääse syntymään.

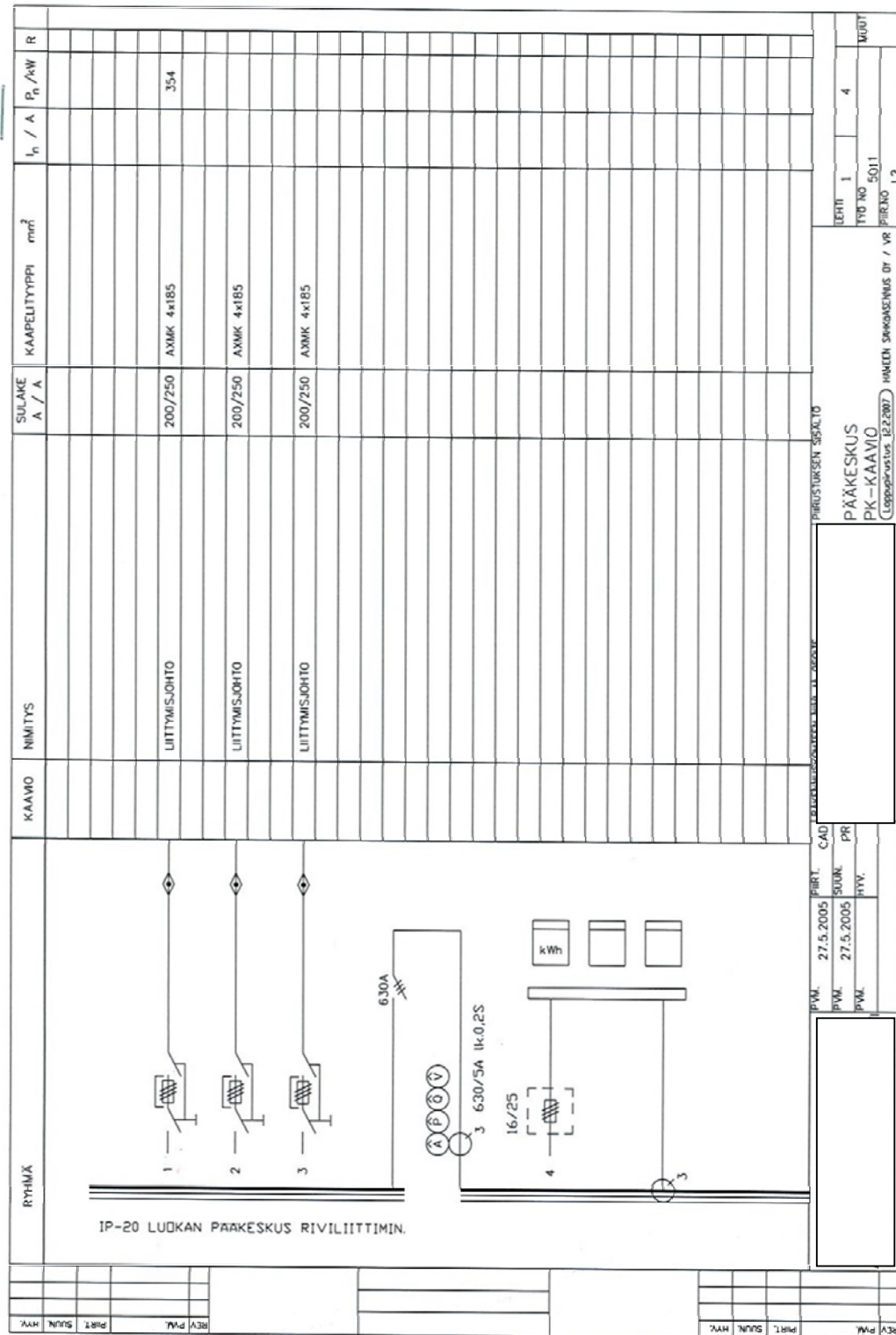
TAULUKKO 4. Riskianalyysin tulokset.

	Ohjattava järjestelmä			
	Lämmitys		Jäähdytys	Valaistus
Vaara	Kylmyys	Liukkaus	Kuumuus työtiloissa	Huono näkyväisyys
Seuraus	Huono työympäristö, Home, Kosteus	Liukastumiset	Kuumuuden aiheuttamat terveysriskit	Huono työympäristö, Tapaturmavaara
Ehkäisevät toimenpiteet	Lämpötilan seuranta, lyhyt tehonpudotusaika	Lyhyt tehonpudotusaika, varoitus ajoittaisesta liukauksesta	Riittävä tilojen lämpötilan seuranta	Valaistusolosuhteiden seuranta

Taulukossa 4 on edelleen esitetty analyysin tuloksia. Lämmityksen ohjaaminen laskee kiinteistön sisäilman ja rakenteiden lämpötilaa väliaikaisesti, jonka seuraksena saattaa kosteutta tiivistyä pinnoille. Kosteus edesauttaa homeiden kasvua rakenteissa, joka ilmenee heikenneenä ilmanlaatuna. Pinnoille tiivistyvä kosteus tai niille muutoin päätyvä vesi aiheuttaa jäätyessään lisäksi liukastumisriskin. Myös vetoisissa tiloissa työympäristä kärsii ohjauksen seuraksena. Vastaavasti jäähdytyksen tehonpudotuksesta aiheutuva lämpötilan nousu haittaa työtehokkuutta kuumissa tiloissa. Valaistustehon ohjaaminen aiheuttaa lähinnä kohonneen tapaturmavaaran. Huonosti valaistuissa tiloissa saattaa aiheutua turhia kompastumisia sekä työtehokkuuden laskua.

Ratkaisu edellä mainittuihin ongelmiin on jälleen riittävä olosuhteiden seuranta. Mikäli olosuhdetieto kiinteistöiden ohjauksien alaisista järjestelmistä välitetään ohjausjärjestelmään, saadaan tehonpudotus tarvittaessa keskeytettyä ja mahdolliset vaarat ja ongelmat hallintaan.

1 (4)







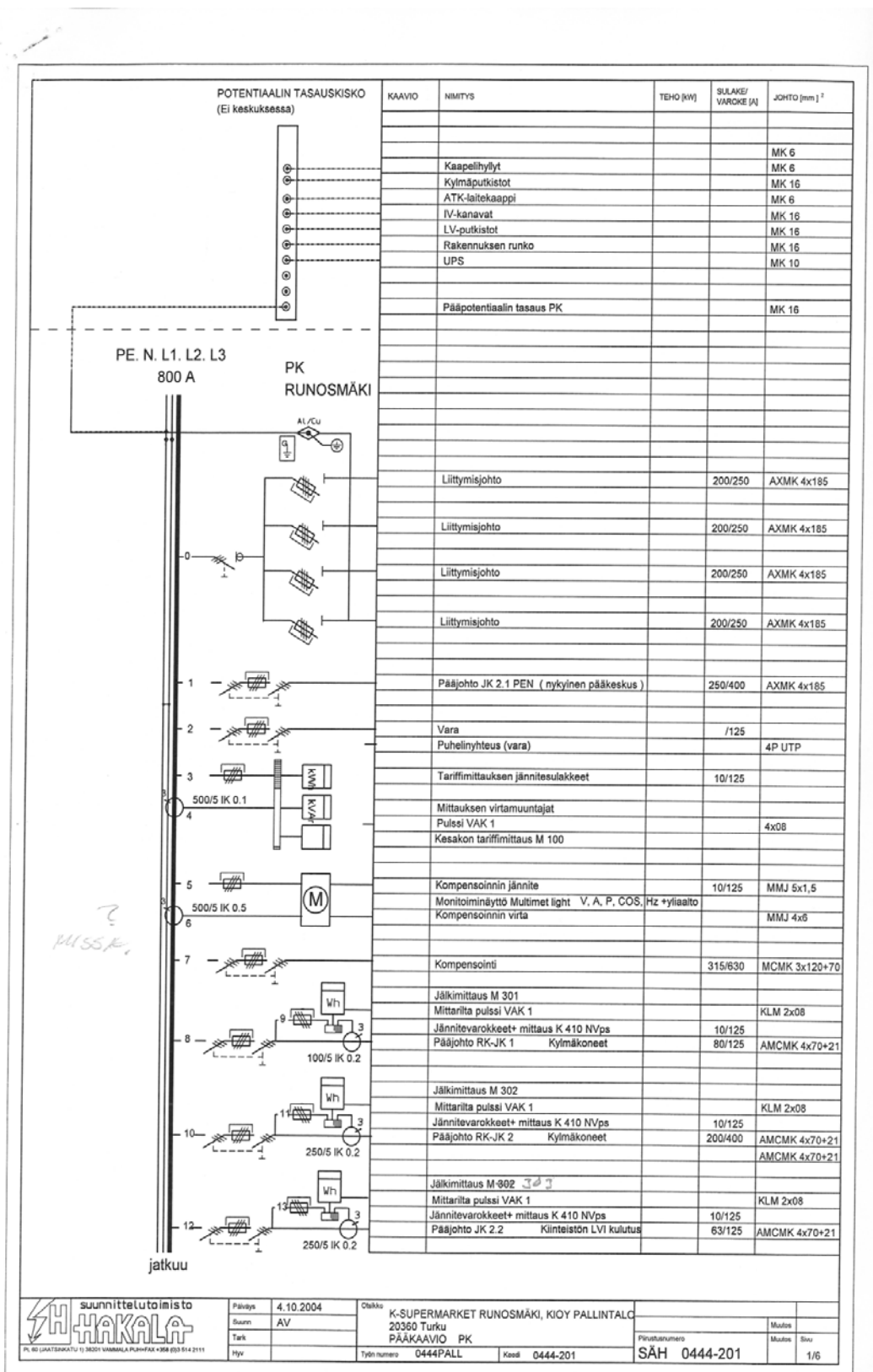




## Liite 4. Koulun valaisinluettelo

No	KPL	LUETTELO	TYYPPI	SIVU	TEHO/W	SJOITUSPAIKKA	HUOM!	MUUTOS
21	3	FAGERHULT	ZIEST 18260	148	14	NEUVOTTIELU	KAAPIN ETUREUNAA	
22	1	FAGERHULT	LENTO	137	2x1x35	NEUVOTTIELU	JONOASENNUS SEINÄÄN	
23	1	FAGERHULT	COMBIFORM BETA	29	2x28	TERV.HOITAJA		
24	25	LUXO	FONDO PRO	134	23	RUOKAILUTILAT	VÄRILLISET LASIKARTIOT	
25	1	FAGERHULT	LENTO	137	2x28,1x35	TAULUVALAISIN	JONOASENNUS RIPUSTUS KATOSTA	
26	5	IDMAN	FUTURO 672TPH D6 PSW	32	3x35	TYÖTILAT		
27	1	ENSTO	AVR 2		75	PORRAS		
28	25	LUMIANCE	LYTESPOT ES50	90	50	VITRIINIEN KOHDEVALAISIN	LYTESPAN LP 1-KISKOON	
29	2	LUXO	FONDO PRO	134	23	RUOKAILUTILAT	VÄRILLISET LASIKARTIOT	
30	3	FAGERHULT	ZINTRA	317	24	OPETTAJEN TAUKOTILA		
31	3	FAGERHULT	TIMELESS	289	50	KUKKAVALO		
32	8	LOUIS POULSEN	KIPP WALL	322	35	SEINÄVALAISIN		
33	6	GLOBELUX	PRISMATRON PTN 400		400	AULA	LIITÄNTÄLAITE, VALOISUUSANTURI	
34	2	GLAMOX	CRYSTAL 150W PI	31	150	PORRAS HUONE	RIIPUSTIMILLA	
35	7	GLAMOX	GCA 18C 218S	86	2x18	PORRAS HUONE		
36	2	GLAMOX	DLT RT200 XA	173	28	KIRJASTO		
37	2	FAGERHULT	DISKANT	149	36	TERVEYDENHOITAJA	KAAPIN ETUREUNAA	
38	16	IDMAN	TW/IGI	287	2x36	IV-KONEHUONE		
39	3	LUMIANCE	INSENT TREND		50	KÄYTÄVÄ		
40	28	TEKNOWARE	OPAS 5 LED TW77551		LED	OVIMERKKI	KANNAKEIN, TARROIN	
41	35	TEKNOWARE	DOWNLIGHT		9	TURVAVALO	TW95681T TILAVAHIITI	
42	12	TEKNOWARE	ON-IN		9	TURVAVALO	TW42281T TILAVAHIITI	
43	2	GLOBELUX	ARENA 45361A		2x18	TURVAVALO		

1(5)







3(5)

PE. N. L1. L2. L3 250 A 125 A	PK	KAAVIO	NIMITYS	TEHO [kW]	SULAKE/ VAROKE [A]	JOHTO [mm]²
31			Valaisinripustinkiskojen pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
32			Valaisinripustinkiskojen pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
33			Ulkoseinien ja pilarien pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
34			Ulkoseinien ja pilarien pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
35			Kassa -alueen peliautomaatit pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
36			Kassa -alueen peliautomaatit pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
37			Kassa - ja palvelupisteiden pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
38			Kassa - ja palvelupisteiden pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
39			Kassa - ja palvelupisteiden pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
40			Toimiston pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
41			Tuotesuojaportit		C 16	MJAM 3x2,5
42			Vara <i>PAIKAST 5 MÄL. VARE</i>		C 16	<i>MMJ 5x2,5</i>
43			Vara <i>PUOLIN</i>		C 16	
44			Vara <i>LEI, PA</i>		C 16	
45			Vara		C 16	
46			Vara		C 16	
47			Taustatilan pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
48			K-0-A Ulkopistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
49			Valaisinripustinkiskojen pistorasiat K-0-A		C 16	MMJ 5x2,5
50			Valaisinripustinkiskojen pistorasiat		C 16	MMJ 5x2,5
51			Etukoje, valaistus		100/125	
125 A						
52			Vara		C 16	
jatkuu						

4(5)

PE. N. L1. L2. L3 125 A		KAAVIO	NIMITYS	TEHO [kW]	SULAKE/ VAROKE [A]	JOHTO [mm <sup>2</sup> ]
	53		Turvallisuusjärjestelmä	10 B	MMJ 3x1,5	
	54		Turvallisuusjärjestelmä	10 B	MMJ 3x1,5	
	55		Kassavalot	10 B	MMJ 3x1,5	
	56		Ohjaukset	10 B		
	57		Valaistus varasto	10 B	MMJ 3x1,5	
	58		Valaistus tsto	10 B	MMJ 3x1,5	
	59		Sisääntulon valaistus K-0-A	16 B	MMJ 5x2,5	
	60		YÖ valaistus Myymälä K-0-A	16 B	MMJ 5x2,5	
	61		Sisääntulon valaistus K-0-A	16 B	MMJ 5x2,5	
	62		Valaistus myymälä K1/1-K2/3-K1/3-0-A	16 B	MMJ 5x2,5	
	63		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	64		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	65		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	66		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	67		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	68		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	69		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	70		Valaistus myymälä	16 B	MMJ 5x2,5	
	71		Valaistus myymälä kosketinkiskot K1/1-K1/2-0-A	16 B	MMJ 5x2,5	
	72		Valaistus myymälä kosketinkiskot	16 B	MMJ 5x2,5	
	73		Valaistus myymälä friisit K1/1-K1/2-0-A	16 B	MMJ 5x2,5	
	74		Valaistus myymälä friisit	16 B	MMJ 5x2,5	
	75		Opastevalot K-0-A	16 B	MCMK 4x2,5+2,5	
	76		Kattovalot K-0-A	16 B	MMJ 5x2,5	
	77		Vara <i>K1/1-K1/2-0-A</i> K-0-A	16 B		
jatkuu						
		Päiväys 4.10.2004	Osasto K-SUPERMARKET RUNOSMÄKI, KIOY PALLINTALO Suunn. AV Tark. PÄÄKAUVIO PK Hvi Työn numero 0444PALL Koodi 0444-201			
PL 60 LAHTIENRATU 1 00201 VIMMERLA Puh: 044-388 814 2111			Pääkaaviokuva Muutos Sivu 4/6	SÄH 0444-201		



